Seis Sigma

COLETÂNEA DE ARTIGOS

Volume I

Darly Fernando Andrade
(organizador)

Seis Sigma
Coletânea de Artigos
Volume I

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2017

Apresentação

Criada na década de 1980, a metodologia Seis Sigma se mostrou vencedora ao longo dos anos não só no exterior como no Brasil. A possibilidade de aumentar as margens de lucro através da redução de variabilidade nos processos bem como aplicabilidade em empresas de todos os portes, torna essa fascinante metodologia importante para as organizações.

Com uma abordagem bem objetiva, o livro se mostra relevante para estudantes de graduação, pós-graduação e profissionais atuantes no mercado. Não se poderia deixar de indicar também essa publicação para professores, com o qual podem ilustrar temáticas e metodologias diversas tendo como embasamento situações brasileiras reais. A regionalização das situações apresentadas nos capítulos se mostra altamente relevante para que o leitor consiga incorporar conhecimentos adaptados à sua realidade.

Essa oportunidade de leitura é fruto de esforços científicos de diversos autores, devidamente referenciados ao final dessa publicação. Aos autores e aos leitores, agradeço imensamente pela cordial parceria.

Sumário

CAPÍTULO 1

SEIS SIGMA NO BRASIL: UMA REVISÃO BIBLIOMÉTRICA DA LITERATURA

Rosane Malacarne
Larissa Barbosa Taquetti
Lucas Machado
Marcelo Gechele Cleto
Robson Seleme

Resumo*:* A metodologia Seis Sigma foi originada na empresa Motorola na década de 80 com o intuito de fabricar produtos com qualidade superior e preços menores que os de seus concorrentes. No Brasil, o programa teve início na década de 90 com a inserção do método nos processos do grupo Brasmotor. Como a utilização do Seis Sigma no Brasil é relativamente recente, identificar a evolução da produção científica em determinado período contribui para a continuidade e investigação dos estudos nesta área do conhecimento. Portanto, o objetivo deste trabalho é analisar a produção acadêmica sobre o Seis Sigma no Brasil, por meio de uma revisão bibliométrica da literatura realizada nas bases de dados ISI Web of Knowledge e Scopus. A pesquisa gerou uma amostra composta por 46 artigos científicos sobre o tema. Os resultados foram apresentados com a identificação dos principais trabalhos, periódicos, palavras-chave, autores, setores industriais e metodologias utilizadas. Desta forma, a pesquisa colabora com os estudos e compreensão da abordagem Seis Sigma e sua aplicação no Brasil.

Palavras Chave*:* Seis Sigma, Melhoria Contínua, Bibliometria, Brasil

1. Introdução

Nas últimas décadas, diversos programas surgiram buscando maior produtividade e melhoria da qualidade, no entanto, poucos promovem um alinhamento total com as estratégias das organizações. O programa Seis Sigma surgiu com o objetivo de maximizar a qualidade dos processos, serviços e produtos de uma organização por meio de técnicas estatísticas e análises quantitativas para tomada de decisão.

O *Six Sigma* surgiu na Motorola, em meados dos anos 1980, criado a partir de conceitos e métodos propostos por Bill Smith. Utilizando ferramentas conhecidas de qualidade e novos conceitos de gestão, o objetivo do programa era fabricar produtos de qualidade superior a preços menores que seus concorrentes. Com o *Six Sigma*, a Motorola tornou-se conhecida como líder de qualidade e de lucros (PYZDEK; KELLER, 2010).

Desde então a filosofia Seis Sigma vem se consolidando como uma abrangente abordagem que possibilita às empresas, por meio de implantação de estratégias, promoverem melhorias de seus desempenhos e aumentar seus potenciais competitivos.

No Brasil, o Seis Sigma foi disseminado a partir de 1997, quando o Grupo Brasmotor introduziu o programa em suas atividades (WERKEMA, 2012). Considerando que a utilização do Seis Sigma no Brasil é relativamente recente, identificar os principais estudiosos e a produção acadêmica de maior relevância pode contribuir para assimilação da pratica da implantação do programa, identificando tendências, problemas e soluções dentro desse campo.

Referente a essa cenário, será o objetivo desse trabalho analisar a produção científica sobre Seis Sigma no Brasil dos últimos dez anos (2005-2015). A metodologia utilizada é a revisão da literatura, tendo como base a revisão bibliométrica.

Inicialmente, o trabalho apresenta um referencial teórico sobre a abordagem Seis Sigma, seus principais conceitos e métodos. Posteriormente, é estabelecida a metodologia utilizada para a pesquisa e, em sequência, é apresentada a análise dos resultados, bem como as conclusões do estudo.

2. Referencial teórico

2.1. Seis Sigma

Seis Sigma é uma filosofia de qualidade com base em objetivos de curto prazo com empenho para atingir metas em longo prazo, por meio da medição e foco no cliente para orientar projetos de melhoria contínua em todos os níveis da organização (PEPPER; SPEDDING, 2010).

As metas de longo prazo estabelecidas são desenvolvidas e implantadas nos processos industriais com o intuito de torná-los mais robustos, buscando um nível de desempenho com uma taxa de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (MERCADO, 2014).

Para Caulcutt (2001), a filosofia Seis Sigma é uma estratégia de mudanças utilizadas pela gerência em qualquer setor para entender e reduzir a variabilidade dos processos produtivos e qualificar a interação de estratégias de negócios distintas, além de focar a melhoria dos resultados do planejamento estratégico das organizações. Desta forma, a implantação do programa nas organizações visa, de maneira estruturada, incrementar a qualidade por meio da melhoria contínua dos processos envolvidos na produção de um bem ou de um serviço, levando em consideração todos os aspectos importantes de um negócio (PFEIFER et al., 2004).

Ao iniciar um programa de qualidade dentro da organização, fatores críticos de sucesso (FCS) devem ser considerados para que se atinja a excelência operacional e os desafios inerentes da adoção de uma nova abordagem sejam superados. Julien e Holmshaw (2012) e Wang e Chen (2014) identificam como principais FCS para implantação bem sucedida de projetos Seis Sigma o envolvimento da alta direção desde a fase de concepção dos processos de gestão até o acompanhamento individual dos projetos a um nível operacional. Para isso, um plano de comunicação é importante para acompanhar e mostrar aos funcionários como a metodologia é desenvolvida, como ela está relacionada às suas atividades e quais as vantagens adquiridas.

O programa Seis Sigma utiliza uma série de métodos estatísticos comprovados e treinamentos dos lideres técnicos, também conhecido como *belts*, para que estes tenham um elevado nível de conhecimento da aplicação destas técnicas e conduzam a

liderança na implantação e utilização da filosofia.

2.2. Processos de treinamento

O programa Seis Sigma apresenta um diferencial com relação à formação das equipes, que são mais aptas no desenvolvimento do desempenho organizacional a partir dos resultados da implementação de projetos direcionados estrategicamente (CORONADO; ANTONY, 2002).

Nesta metodologia, os treinamentos dos especialistas são divididos por área e grau de conhecimento. A Figura 1 apresenta a hierarquia dos profissionais do Seis Sigma.

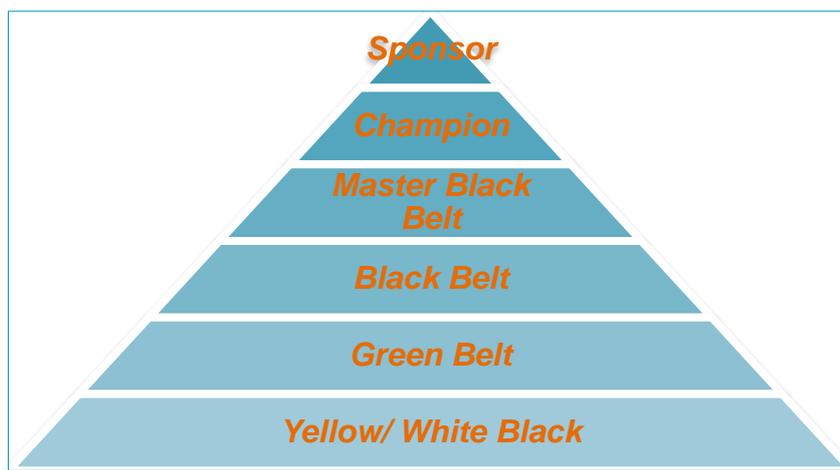



Figura 1 – Hierarquia dos especialistas do Seis Sigma
Fonte: Adaptado de GYGI e WILLIAMS, 2012

A ideia principal e as características de cada profissional estão relacionadas a seguir:

a) *Sponsor* – responsável por promover e definir as diretrizes para a implementação do Seis Sigma, garantindo que estejam alinhadas com o planejamento estratégico da empresa;

b) *Champion* – pessoas com um nível elevado de conhecimento, comprometidas com a empresa, que conhecem e compreendem todo o funcionamento da organização.

c) *Master Black Belts* – profissionais com o maior conhecimento técnico e organizacional que lideram o programa.

d) *Black Belts* – profissionais que lideram as equipes na condução dos projetos e possuem conhecimentos em ferramentas técnicas, matemáticas e estatísticas. Possuem um perfil de liderança, iniciativa e aptidão para trabalho em equipe;

e) *Green Belts* – profissionais que participam das equipes dos especialistas *Black Belts*, envolvidos desde o início até o fim do processo e são aptos a formar e facilitar equipes nos setores;

f) *White/Yellow Belts* – profissionais que atuam no nível operacional da empresa, são treinados nos fundamentos do Seis Sigma e auxiliam na disseminação das informações sobre ferramenta e processos.

De acordo com Werkema (2012), o sucesso de programas de qualidade como o Seis Sigma está sujeito a existência de pessoas com o perfil adequado e que serão transformados em especialistas no método e nas ferramentas do Seis Sigma.

Para concretizar o programa Seis Sigma nas organizações, além de especialistas treinados é necessária a adoção de uma metodologia consistente, que auxilie na implantação do programa e nos processos de melhoria contínua.

2.3. Metodologias Gerenciais

A aplicação de uma metodologia sistematizada para o programa Seis Sigma, confirma o valor do método científico como uma forma eficiente de eliminar a causa raiz dos problemas de modo a garantir a obtenção de resultados concretos.

Para a implantação do Seis Sigma, o enfoque metodológico trata da utilização de métodos estatísticos aplicados numa sequência metodológica estruturada de acordo com metodologias auxiliares (CORONADO, 2008). As metodologias mais comumente utilizadas

na solução de problemas gerenciais são DMAIC, DFSS, DMADV e DMEDI.

a) DMAIC – composto por cinco etapas, a saber, Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*) e Controlar (*Control*), consiste em uma ferramenta gerencial utilizada para melhor processos de negócios existentes. Nesta metodologia, são definidos os objetivos de melhoria do processo de acordo com as estratégias da empresa e a demanda dos clientes. Os processos são então mapeados e medidos de acordo com os dados coletados no processo. Os dados coletados são submetidos a uma verificação com o intuito de realizar uma comparação com as metas objetivadas. Melhorias e controles nos processos são realizados para garantir melhor desempenho das organizações;

b) DFSS – é uma metodologia que visa manter a qualidade em projetos de novos produtos, o modelo pode ser aplicado em processos produtivos ou na execução de serviços que precisam ser elaborados de tal forma que já iniciem suas atividades apresentando um nível Seis Sigma de desempenho. O *Design for Six Sigma* (Projetando para Seis Sigma) traz ferramentas que podem reduzir custos e melhorar a qualidade, mas a principal finalidade é agregar valor ao produto por meio de inovações e da busca do atendimento das reais necessidades dos clientes;

c) DMADV – essa metodologia auxilia na análise de solução de problemas, aumenta a eficiência com a melhoria da capacidade do projeto em transformar informações em conhecimento. Das siglas Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Desenhar (*Design*) e Verificar (*Verify*), busca definir os objetivos de melhoria dos processos consistentes com a demanda do cliente e o planejamento estratégico das organizações, fazendo a medição da qualidade do produto e da eficiência do processo produtivo e avaliando riscos;

d) DMEDI – metodologia utilizada para aplicação em processos que não são pré-existentes, na criação dos processos. A DMEDI, Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Explorar (*Explore*), Desenvolver (*Develop*) e Implementar (*Implement*) é voltada para o desenvolvimento e implantação de novos projetos.

Vale ressaltar que para alcançar os objetivos almejados, é necessário o comprometimento da gerência com a metodologia escolhida e a existência de um ambiente adequado para a resolução de problemas, bem como para o desenvolvimento de produtos, serviços ou processos.

3. Metodologia

Para a realização desse trabalho foi realizado um levantamento bibliográfico sobre o tema e um estudo bibliométrico para caracterizar a pesquisa. As etapas do desenvolvimento da pesquisa estão demonstradas na Figura 2.

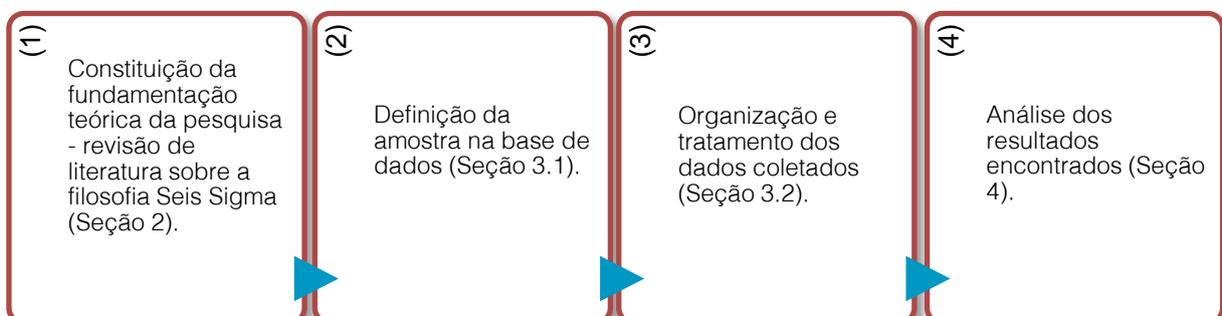



Figura 2 – Processo de pesquisa utilizado
Fonte: Elaborado pelos autores

3.1. Definição da amostra

A amostra de artigos sobre Seis Sigma no Brasil foi definida a partir da escolha da base de dados, da identificação das palavras-chave e da determinação do tipo de documentos publicados, de acordo com a Figura 3.

Figura 3 – Processo de definição da amostra
Fonte: Elaborado pelos autores.

Quanto à definição da base de dados, a ISI *Web of Knowledge* (*Web of Science*) e a *Scopus* foram selecionadas por oferecerem acesso aos periódicos com alto fator de impacto, além de proporcionar informações relevantes para um estudo sistemático. O tratamento dos dados na base *Web of Science* seguiu-se utilizando a expressão-chave "*Six Sigma*" no título e selecionando-se o Brasil como país de origem, de acordo com o tema proposto. Na base de dados *Scopus*, o termo de busca foi procurado no título, resumo e palavras-chaves das publicações. Conforme pesquisa anterior selecionou-se o Brasil como fonte dos trabalhos.

O período de publicação adotado envolve os últimos dez anos (2005 – 2015). Quanto à determinação do tipo de publicação, foram considerados apenas os artigos, uma vez que artigos acadêmicos geralmente antecedem os livros e são consideradas importantes fontes de pesquisa.

A composição da amostra inicial resultou em 68 trabalhos. No entanto, as publicações foram analisadas quanto ao conteúdo do artigo e repetição entre as duas bases de dados utilizadas. Dessa forma, a amostra utilizada no estudo foi finalizada com 46 artigos.

3.2. Organização dos dados coletados

Para a organização, leitura e ilustração dos resultados da amostra utilizou-se o software Microsoft Excel®. A verificação do número de citações em cada trabalho foi realizada pelo Google Acadêmico®.

4. Análise dos resultados

O primeiro objetivo da análise buscou identificar a evolução dos trabalhos publicados, de acordo com o seu ano de publicação, com o intuito de acompanhar o desenvolvimento do tema ao longo de um período de tempo de dez anos.

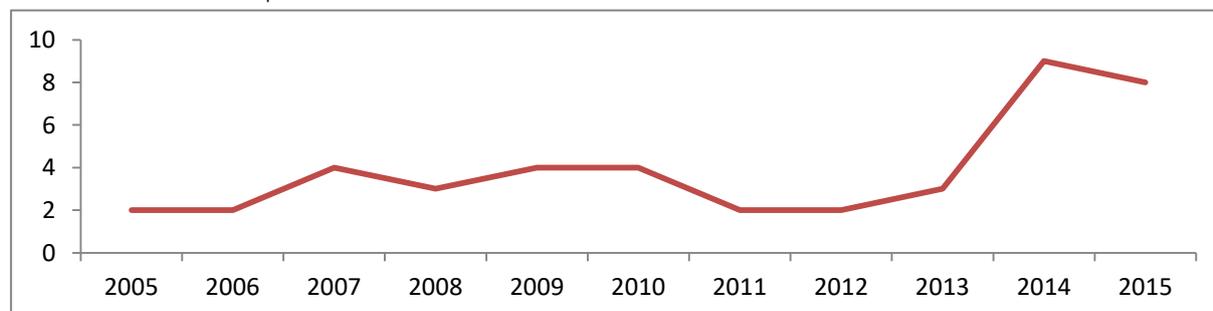



Figura 4 – Evolução dos periódicos no período pesquisado (2005 – 2015)
Fonte: Elaborado pelos autores

Na Figura 4 é possível observar um número crescente de publicações, que apresenta uma variação de dois a dez artigos por ano. Percebe-se também que o período que compreende 2014 e 2015 houve uma maior concentração de publicações, isto indica um maior interesse para investigação do tema.

A segunda análise realizada refere-se à quantidade de publicações por periódico. Os principais periódicos e o número de publicações de artigos científicos por periódico da amostra estão apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Principais periódicos e volume de publicação

Periódico	Volume de publicações
Production	9
Gestão & Produção	7
Espacios	6
Benchmarking: An International Journal	3
International Journal of Lean Six Sigma	3
International Journal of Quality & Reliability Management	2

Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação à distribuição da amostra por periódicos, o Production apresenta o maior número de trabalhos publicados no tema, totalizando 9 publicações. Em seguida, está o periódico Gestão & Produção com 7 trabalhos. O periódico Espacios contém 6 publicações. Esses três periódicos são responsáveis por 51% da amostra. Os demais periódicos apresentaram entre 1 e 3 publicações.

Na sequência, foram ranqueados os autores entre os trabalhos selecionados que apresentam o maior número de citações, conforme Quadro 2.

Quadro 2 – Número de citações por autor

Autor	Nº de citações	Ano
PINTO, S. H. B.; CARVALHO, M. M. de; HO, L. L.	39	2007
CALIA, R. C.; GUERRINI, F. M.; CASTRO, M. de	38	2009
MIGUEL, P. A. C.; ANDRIETTA, J. M. A.	24	2009
DROHOMERETSKI, E. et al.	22	2014
BERLITZ, F. de A.	21	2005
KUWABARA, C. C. T.; ÉVORA, Y. D. M.; OLIVEIRA, M. M. B. de	15	2010
PACHECO, D. A. de J.	9	2014
MIGUEL, P. A. C. et al.	9	2012
MIGUEL, P. A. C.; ANDRIETTA, J. M.	8	2010
CAMPOS, L. M.S.	6	2013
CALIA, R.; GUERRINI, F. M.	6	2005

Fonte: Elaborado pelos autores

As autoras mais citadas na amostra, com um total de 39 citações, identificaram os fatores que mais influenciam nos programas de qualidade adotados por empresas brasileiras. A pesquisa indica que o método Seis Sigma é

empregado pelas organizações com mais tradição no mercado.

Com 38 citações, Calia, Guerrini e Castro (2009) desenvolveram um artigo abordando a interação da metodologia Seis Sigma com o programa de prevenção de poluição de uma empresa multinacional, evidenciando as vantagens da implementação Seis Sigma na capacidade organizacional para o gerenciamento de projetos e a melhoria obtida com a aplicação do programa.

Miguel e Andrietta (2009) realizaram um *survey* com 78 organizações brasileiras a fim de discutir as melhoras práticas na utilização do Seis Sigma, enquanto Drohomeretski et al., (2014) propõem um modelo teórico para analisar e comparar as abordagens *Lean*, *Six Sigma* e *Lean Six Sigma*.

O artigo de Berlitz (2005) com 21 citações, abordam que a utilização da métrica sigma como índice de *performance* dos processos técnicos em um laboratório clínico proporciona uma padronização do sistema de controle de qualidade, alinhando qualidade e metas de custos, com foco no cliente e no desempenho da organização.

As palavras-chave mais presentes nas publicações podem sem observadas na figura 5. "*Six Sigma*", "*quality*", "*management*", "*Brazil*", "DMAIC", "*control statistic*" e "*lean*" são as que mais se destacam na amostra.

Figura 5 – Palavras-chave com maior predominância nas publicações
Fonte: Elaborado pelos autores

Foram utilizados cinco tipos de metodologia nos trabalhos selecionados: estudo de caso, *survey,* estudo teórico, estudo experimental e pesquisa-ação. Na Figura 6, pode-se observar a predominância do estudo de caso nos trabalhos (48,83%), seguido pela *survey* (32,55%) e a pesquisa-ação (9,3%). Por fim, os estudos teóricos e experimentais aparecem com 2 artigos cada.

Figura 6 – Metodologias dos trabalhos
Fonte: Elaborado pelos autores

Em relação ao setor industrial analisado pelos artigos da amostra, verifica-se que a predominância da indústria química e automotiva, conforme figura 7. Os setores ambiental e da saúde também têm sua participação em destaque.

Figura 7 – Setores industriais analisados nas publicações
Fonte: Elaborado pelos autores

Com relação às metodologias gerenciais utilizadas na implantação do programa Seis Sigma, o estudo revela que o método DMAIC é o mais utilizado nas organizações do Brasil (MAZZUCHETTI et al., 2010), (GONÇALVES; MUSETTI, 2008), (GALVANI; CARPINETTI, 2013), (HORS et al., 2012), (CALIA; GUERRINI, 2006).

Satolo et al., (2009) e ressaltam a importância da utilização de técnicas e ferramentas junto ao processo de melhoria contínua do DMAIC, para a obtenção de resultados de sucesso na implantação do programa Seis Sigma.

O trabalho do tipo *survey* de Andrietta e Miguel (2007) aponta que o método DMAIC é o mais comumente utilizado na aplicação do Seis Sigma, mas que outras metodologias gerenciais também são utilizadas nas empresas brasileiras, entre elas DFSS, DMADV e DMEDI. O levantamento feito pelos autores apontou que as ferramentas mais utilizadas nos projetos Seis Sigma são a análise de causa e efeito, cartas de controle, diagrama de pareto, mapa de processo, planejamento de experimentos, FMEA, índices de capacidade, QFD, análise de regressão e teste de hipóteses.

O estudo realizado por Trad e Maximiano (2009) elencou os oito fatores que foram considerados críticos para o sucesso na implantação do Seis Sigma. Os resultados da análise realizada pelos autores sugerem a seguinte ordem: liderança, projetos, treinamento, comunicação e revisão, processo gerencial, perfil dos *Black Belts*, equipe de projetos e iniciativas prévias de qualidade.

No entanto, a comunicação deficiente pode causar problemas na implantação e manutenção do programa Seis Sigma. A falta de clareza e profundidade nas fases iniciais pode impedir que todas as pessoas envolvidas nas atividades dos processos conheçam o fluxo de trabalho e prejudique o desenvolvimento da implementação. Os treinamentos também podem se tornar uma barreira, se não forem aplicados em toda a organização, uma vez que todos devem conhecer e compreender os fundamentos e linguagens do Seis Sigma.

O trabalho de Mergulhão e Martins (2008) apresenta um *survey* realizado com os profissionais *belts* em cinco empresas atuantes em áreas distintas e diferentes ambientes de produção, com o programa Seis Sigma implementado. Os resultados apontaram que os sistemas de medição exercem influência primeiro dentro de uma organização, enquanto os projetos Seis Sigma atuam externamente após o uso do projeto nos sistemas, levando a modificações nos sistemas de medição de desempenho das empresas.

Os trabalhos analisados revelam que o programa Seis Sigma quando implantado com comprometimento e com o auxilio de metodologias sistematizadas, ocasiona

melhorias na qualidade dos processos e dos serviços e no desempenho das organizações.

5. Conclusão

A produção científica que envolve o estudo sobre Seis Sigma no Brasil, objetivo desse trabalho, foi identificada e apresentada na análise dos resultados.

Os trabalhos analisados mencionam a importância das metodologias gerenciais para obter sucesso na implantação do programa Seis Sigma. Os estudiosos ressaltam também a importância do uso das técnicas e ferramentas junto às metodologias sistematizadas, para a obtenção de melhorias na implantação do programa nas empresas.

A pesquisa evidencia também que o método DMAIC, que visa a melhoria da qualidade dos processos existentes, é o mais utilizado nas empresas brasileiras. Além disso, para que esta metodologia seja posta em prática adequadamente, é preciso ter pessoas preparadas técnica e gerencialmente para a coordenação dos projetos na implantação do programa nas organizações e a comunicação dentro do ambiente das empresas deve fluir para que todos entendam com clareza o fluxo dos processos, e esse fator não se torne uma barreira no desenvolvimento da implementação.

É valido ressaltar que a pesquisa realizada é importante para a compreensão e a propagação do conhecimento disponível, para o desenvolvimento de novas práticas e para direcionar àqueles que aspiram inserir a metodologia Seis Sigma em seus processos.

É importante considerar que a pesquisa e definição da amostra limita-se aos trabalhos publicados nas bases de dados da ISI *Web of Knowledge* e da *Scopus.* Embora ambas contenham em suas plataformas periódicos importantes e com alto fator de impacto, muitas obras referentes ao tema não se encontram em suas bases. Assim, reconhece-se uma oportunidade de pesquisas futuras que considere outros trabalhos relevantes na área.

Referências

[1] ANDRIETTA, João Marcos; MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick. A study on the application of the Six Sigma programme in Brazil: results of an exploratory-descriptive survey and perspectives for future research. Gestão & Produção, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.

[2] BERLITZ, Fernando de Almeida; HAUSSEN, Mariana Lipp. Six sigma in clinical laboratory: impact in analytical performance management of technical process. Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial, v. 41, n. 5, p. 301-312, 2005.

[3] CALIA, Rogério Cerávolo; GUERRINI, Fábio Müller. Organizational structure for cleaner production diffusion: a contribution of the six sigma methodology to the creation of intra-organizational networks. Gestão & Produção, v. 13, n. 3, p. 531-543, 2006.

[4] CALIA, Rogério Cerávolo; GUERRINI, Fábio Müller. Six Sigma project for scheduling software implementation. Production, v. 15, n. 3, p. 322-333, 2005.

[5] CALIA, Rogerio Ceravolo; GUERRINI, Fábio Müller; DE CASTRO, Mário. The impact of Six Sigma in the performance of a pollution prevention program. Journal of cleaner production, v. 17, n. 15, p. 1303-1310, 2009.

[6] CAMPOS, Lucila Maria de Souza. Lean manufacturing and Six Sigma based on Brazilian model "PNQ" An integrated management tool. International Journal of Lean Six Sigma, v. 4, n. 4, p. 355-369, 2013.

[7] CAULCUTT, Roland. Why is Six Sigma so successful? Journal of Applied Statistics, v. 28, n. 3-4, p. 301-306, 2001.

[8] CORONADO, A. Modelo para estruturas seis sigma nas organizações. Gestão & Produção. São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, jan.-abr, 2008.

[9] CORONADO, Ricardo Banuelas; ANTONY, Jiju. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organisations. The TQM magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.

[10] DROHOMERETSKI, Everton et al. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. International Journal of Production Research, v. 52, n. 3, p. 804-824, 2014.

[11] GALVANI, Luis Ricardo; CARPINETTI, Luiz César R. Comparative analyses of Six-Sigma program application in manufacturing and services process. Production, v. 23, n. 4, p. 695-704, 2013.

[12] GONÇALVES, Bianca Soares de Oliveira; MUSETTI, Marcel Andreotti. The importance of the process of alignment the strategy with Six Sigma projects: a study multicases in logistic operator. Gestão & Produção, v. 15, n. 3, p. 551-562, 2008.

[13] GYGI, Craig; WILLIAMS, Bruce. Six sigma for dummies. John Wiley & Sons, 2012.

[14] HORS, Cora et al. Application of the enterprise management tools Lean Six Sigma and PMBOK in developing a program of research management. Einstein (São Paulo), v. 10, n. 4, p. 480-490, 2012.

[15] JULIEN, Denyse.; HOLMSHAW, Phil. Six Sigma in a low volume and complex environment.

International Journal of Lean Six Sigma, v. 3, p. 28-44, 2012.

[16] KUWABARA, Cleuza Catsue Takeda; ÉVORA, Yolanda Dora Martinez; OLIVEIRA, Márcio Mattos Borges de. Risk management in technovigilance: construction and validation of a medical-hospital product evaluation instrument. Revista latino-americana de enfermagem, v. 18, n. 5, p. 943-951, 2010.

[17] MAZZUCHETTI, Roselis Natalina et al. Implementation of Six Sigma program in an industry of slaughter of chicken. Acta Scientiarum-Technology, v. 32, n. 2, p. 119-127, 2010.

[18] MERCADO, Carlos Ignácio Navarro. O modelo iTLS – Integração da Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: análise da aplicação do iTLS na redução do lead time em uma cadeia de valor em multinacional no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

[19] MERGULHÃO, Ricardo Coser; MARTINS, Roberto Antonio. The relationship between performance measurement systems and Six Sigma projects: multiple case study. Production, v. 18, n. 2, p. 342-358, 2008.

[20] MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; ANDRIETTA, João Marcos. Benchmarking Six Sigma application in Brazil: best practices in the use of the methodology. Benchmarking: An International Journal, v. 16, n. 1, p. 124-134, 2009.

[21] MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; ANDRIETTA, João Marcos. Outcomes from a descriptive survey of Six Sigma management practices in Brazil. International Journal of Lean Six Sigma, v. 1, n. 4, p. 358-377, 2010.

[22] MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick et al. Benchmarking the use of tools and techniques in the Six Sigma programme based on a survey conducted in a developing country. Benchmarking: An International Journal, v. 19, n. 6, p. 690-708, 2012.

[23] PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Theory of Constraints, Lean Manufacturing and Six Sigma: limits to and possibilities for integration. Production, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014.

[24] PEPPER, Matthew P. J.; SPEDDING, Trevor. A. The evolution of lean Six Sigma.International Journal of Quality & Reliability Management, v. 27, n. 2, p. 138-155, 2010.

[25] PFEIFER, Tilo; REISSIGER, Wolf; CANALES, Claudia. Integrating six sigma with quality management systems. The TQM Magazine, v. 16, n. 4, p. 241-249, 2004.

[26] PINTO, Silvia Helena Boarin; CARVALHO, Marly Monteiro de; HO, Linda Lee. Main quality programs characteristics in large size Brazilian companies. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 25, n. 3, p. 276-291, 2008.

[27] PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul. The Six Sigma Handbook: a complete guide for green belts. Black belts, and managers at all levels. McGraw-Hill Companies, 2010.

[28] SATOLO, Eduardo Guilherme et al. Analysis on the usage of techniques and tools from the Six-Sigma program on a survey-type assessment. Production, v. 19, n. 2, p. 400-416, 2009

[29] TRAD, Samir; MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. Six sigma: critical success factors for its implementation. Revista de Administração Contemporânea, v. 13, n. 4, p. 647-662, 2009.

[30] WANG, Fu-Kwum; CHEN, Kao-Shan. Evaluating Management Consultants for Six Sigma Projects. Arab J Sci Eng, v. 39, p. 2371-2379, 2014.

[31] WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. Elsevier Brasil, 2012.

CAPÍTULO 2

IDENTIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS CRÍTICAS UTILIZADAS EM PROCESSOS DE SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA: UMA PESQUISA SURVEY

Cristiano Roos
Simone Sartori
Edson Pacheco Paladini

Resumo: O problema de pesquisa ascendente deste trabalho foi identificado na literatura qualificada, em específico, a necessidade por um processo de seleção de projetos Seis Sigma. Buscando contribuir nesta linha de pesquisa, o objetivo deste trabaalho é identificar variáveis críticas utilizadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma, considerando para isto, uma amostragem de organizações brasileiras. Os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa exploratória com abordagem quantitativa, tendo sido desenvolvida uma pesquisa do tipo levantamento survey. Um total de 48 organizações brasileiras retornou o questionário utilizado na pesquisa survey. Como resultado principal foi possível identificar que para 98% das organizaçõesconsideradas, os custos do projeto, a duração do projeto, a melhoria no nível sigma (melhoria na qualidade) são as variáveis críticas (mais utilizadas) no processo de seleção de projetos Seis Sigma nas respectivas organizações. Como sugestão para futuro trabalho expôs-se a oportunidade de desenvolver um processo de seleção de projetos Seis Sigma que considere prioritariamente as variáveis identificadas nesta amostragem de organizações brasileiras. De todo modo, pode-se concluir que este trabalho cumpriu seus objetivos propostos, identificando variáveis críticas para a seleção de projetos Seis Sigma.

Palavras Chave: Metodologia Seis Sigma, seleção de projeto Seis Sigma, variáveis críticas

1. Introdução

No contexto da Metodologia Seis Sigma, o objetivo deste trabalho de pesquisa é identificar variáveis críticas utilizadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma, considerando para isto, uma amostragem de organizações brasileiras. Como objetivos complementares, cabe descrever: (i) verificar possíveis relações estatísticas significativas entre as variáveis críticas identificadas e as demais questões investigadas, e; (ii) propor possíveis melhorias relacionadas ao processo de seleção de projetos Seis Sigma, considerando as variáveis críticas identificadas.

Este trabalho pode ser de interesse para os pesquisadores das linhas de pesquisas relacionadas à Metodologia Seis Sigma, bem como, para os profissionais envolvidos com aplicações práticas da metodologia no dia-a-dia das organizações e respectivos sistemas de produção. De fato, as contribuições deste trabalho são metodologicamente classificadas como exploratórias, mostrando um cenário atual sobre seleção de projetos Seis Sigma.

A segunda seção deste texto apresenta o método de pesquisa. A terceira seção traz uma revisão teórica sobre processos de seleção de projetos Seis Sigma e sobre variáveis utilizadas em processos de seleção, sendo apresentada a oportunidade de pesquisa que motivou este trabalho. A quarta seção traz informações sobre o protocolo e o instrumento de coleta de dados que subsidiaram a obtenção dos resultados deste trabalho, apresentados na quinta seção e, posteriormente, analisados na sexta seção. Por último, a sétima seção conclui este trabalho a partir dos resultados obtidos.

2. Método de pesquisa

O método de pesquisa adotado propõe um direcionamento para a obtenção de resultados que satisfaçam os objetivos deste trabalho. Seguindo a tipologia apresentada em Gil (2002), esta pesquisa, com base nos objetivos, é classificada em pesquisa exploratória e, com base nos procedimentos técnicos, é classificada em pesquisa do tipo levantamento ou *survey*. A pesquisa *survey* foi conduzida utilizando-se orientações contidas no trabalho de Forza (2002). A abordagem de pesquisa, que orientou o processo de investigação e que estabeleceu formas de aproximação aos objetivos, é a abordagem quantitativa. As informações metodológicas complementares estão apresentadas na quarta seção deste texto, informações como, por exemplo, amostragem, protocolo e instrumento de coleta de dados.

3. Subsídios teóricos

A Metodologia Seis Sigma tem sido utilizada por mais de uma década (KUMAR et al., 2008) por organizações de classe mundial como General Electric, Motorola, Honeywell, Bombardier, ABB e Sony, para citar apenas algumas de uma longa lista (ANTONY, 2006), resultando em milhões de dólares de lucro (HILTON e SOHAL, 2012). Na maioria dos casos, uma organização utiliza a estratégia Seis Sigma para alcançar benefícios na lucratividade ou na satisfação do cliente (RAY, DAS, BHATTACHARYA, 2011). De fato, a Metodologia Seis Sigma é uma estratégia de negócio bem conhecida, utilizada para a melhoria da qualidade por meio de um conjunto de métodos estruturados e medidas estatísticas para avaliar e melhorar as operações produtivas das organizações (ANTONY et al., 2012).

A Metodologia Seis Sigma se tornou conhecida em muitos países devido à sua capacidade em melhorar o desempenho de um processo, reduzir defeitos em produtos e serviços, minimizar a variabilidade em processos, bem como os custos operacionais (KUMAR, ANTONY e CHO, 2009). Esta estratégia resulta em maior satisfação dos clientes e afeta diretamente a lucratividade e a sobrevivência das organizações (SNEE, 2004; ANTONY, KUMAR e MADU, 2005; ANTONY, 2007).

Naturalmente, ao longo destes anos, algumas oportunidades de pesquisa surgiram relacionadas à Metodologia Seis Sigma, motivando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema, como é o caso deste trabalho. Assim, relacionada ao objetivo de pesquisa, esta seção apresenta resumidamente subsídios teóricos sobre variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma. No entanto, este trabalho faz parte de um projeto de pesquisa maior e mais abrangente, no qual o foco de investigação são os processos de seleção de projetos Seis Sigma, sendo necessária inicialmente aqui, a apresentação de subsídios teóricos sobre o respectivo tema.

3.1. Processos de seleção de projetos Seis Sigma

Na literatura qualificada defende-se, há quase uma década, que o fator chave para o sucesso da Metodologia Seis Sigma é a seleção de projetos (MANVILLE et al., 2012; SHARMA e CHETIYA, 2010; LAUREANI, ANTONY e DOUGLAS, 2010; TKÁC e LYÓCSA, 2009; KUMAR et al., 2007; BANUELAS et al., 2006). Seleção de projetos é o processo de avaliação de projetos individuais, ou propostos por grupos de pessoas, escolhendo-se qual, ou quais projetos serão implementados para que os objetivos da organização e, em particular, do processo produtivo envolvido, sejam alcançados (PADHY e SAHU, 2011).

Em uma citação recente (PADHY e SAHU, 2011), os autores argumentam que a seleção e a priorização de projetos que serão desenvolvidos no âmbito da Metodologia Seis Sigma em muitas organizações ainda são baseadas em puro julgamento subjetivo. Em outra citação (KUMAR et al., 2008), os autores argumentam que há uma escassez de literatura sobre seleção de projetos Seis Sigma, um tema que passa despercebido na maioria das organizações. Em uma terceira citação nesta linha (ANTONY, 2006), o autor manifesta-se argumentando que a priorização de projetos Seis Sigma em muitas empresas orientadas a serviços ainda é baseada em julgamento subjetivo.

A seleção do projeto mais adequado para a estratégia Seis Sigma é uma preocupação para o sucesso em curto e em longo prazo dentro de qualquer organização (RAY e DAS, 2010). Neste sentido, a literatura apresenta alguns modelos e métodos para a seleção de projetos Seis Sigma. Por exemplo, em Banuelas et al. (2006), são listados: 1. *Pareto priority index* (PPI), *analytic hierarchy process* (AHP), *quality function deployment* (QFD), *theory of constraints* (TOC) (PYZDEK, 2000; PYZDEK, 2003); 2. *project assessment matrix* (BREYFOGLE, CUPELLO e MEADWS, 2001); 3. QFD (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2000); 4. *project selection matrix* (KELLY, 2002); 5. *project ranking matrix* (ADAMS, GUPTA e WILSON, 2003); 6. *reviewing data on potential projects against specific criteria* (DE FEO e BARNARD, 2004); 7. AHP (DINESH KUMAR et al., 2006).

Assim, está caracterizado o papel crítico do processo de seleção de projetos Seis Sigma, sendo neste sentido a proposta deste trabalho de pesquisa, que busca identificar variáveis que podem contribuir no aprimoramento de processos de seleção de projetos Seis Sigma.

3.2. Variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma

Na literatura consultada foi possível verificar alguns resultados de pesquisas que apontam uma série de variáveis críticas a ser considerado em processos de seleção de projetos Seis Sigma. Cabe ressaltar como variáveis críticas: custos do projeto, duração do projeto, número de *Black* e *Green Belts*, satisfação do consumidor, impacto na estratégia organizacional, melhoria no nível sigma (nível de qualidade), impacto financeiro (*cost of poor quality* – COPQ), crescimento da produtividade (KUMAR et al., 2007), sendo a maioria dos critérios probabilísticos por natureza.

Para Ray e Das (2010) algumas variáveis críticas de maior interesse podem ser relacionadas aos custos, por exemplo: custo da má qualidade (*cost of poor quality* – COPQ), custo de inventário, custo de produção, custo de transporte, custo de manutenção, custo de serviço, custo de marketing.

Outro trabalho relevante neste sentido foi desenvolvido por Sharma e Chetiya (2010), que baseados em uma revisão da literatura sobre critérios utilizados na seleção de projetos Seis Sigma, os autores identificaram 17 variáveis que poderiam ter um impacto positivo sobre o projeto. Uma vez que o retorno financeiro de projetos Seis Sigma determina o sucesso ou o fracasso do Seis Sigma em uma organização, algumas variáveis críticas foram identificadas para uma alta probabilidade de sucesso do projeto Seis Sigma.

No entanto, sabe-se que, tradicionalmente (ver referência tradicional: Pande, Neuman e Cavanagh (2000)), a seleção de projetos Seis Sigma precisa ser tratada como um processo relativo à natureza dos dados disponíveis para cada organização e para cada caso em questão (variáveis críticas para cada processo de seleção). Não se pode definir um modelo matemático, ou um método estruturado, aplicável a todos os processos

de seleção de projeto Seis Sigma, justamente por este processo ser dependente das variáveis críticas disponíveis.

Com estes aspectos definidos, pode-se verificar a oportunidade de pesquisa que respalda este trabalho, isto é, identificação de variáveis críticas no processo de seleção de projetos Seis Sigma em organizações brasileiras. Na próxima seção será apresentada a pesquisa aplicada e posteriormente os resultados obtidos.

4. Pesquisa aplicada

A pesquisa do tipo levantamento *survey* foi aplicada buscando subsídios iniciais e parciais que contribuíssem com um objetivo de pesquisa mais amplo, não abordado neste trabalho, portanto, uma pesquisa exploratória. A *survey* abordou uma amostra de organizações (que utilizam a Metodologia Seis Sigma) por meio da coleta de dados de forma individual, via questionário eletrônico. A amostra desta pesquisa é não probabilística, não casual, pois a escolha dos elementos que compõem a amostra não foi aleatória. Trata-se de uma amostra intencional, de 48 organizações, escolhida em um banco de dados de uma empresa sediada na cidade de São Paulo que ministra cursos de capacitação relacionados à estratégia Seis Sigma.

Neste trabalho foram encontradas dificuldades na investigação no que tange as taxas de retorno dos questionários. No total, foram utilizados três bancos de dados para identificar organizações que utilizam a estratégia Seis Sigma, mas apenas um banco de dados teve taxa de retorno satisfatório. Assim, outros pesquisadores podem utilizar a mesma estratégia para superar as dificuldades no que tange as taxas de retorno dos questionários ao se investigar temas relacionados à estratégia Seis Sigma.

De fato, as taxas de retorno para dois dos três bancos de dados foram de: 19 retornos para 483 questionários enviados; e 04 para 156 questionários enviados. Mesmo tendo sido utilizadas estratégias para melhorar a taxa de retorno, o resultado não foi satisfatório. Diversas foram as causas identificadas para as baixas taxas de retorno, cabendo destacar para os dois bancos de dados: (i) muitas das pessoas que estavam cadastradas como contatos nas organizações haviam trocado de função ou até mesmo de emprego; (ii) algumas organizações deixaram de utilizar a estratégia Seis Sigma. Estas causas mostram que os bancos de dados estavam desatualizados, isto é, mesmo em teoria sendo os melhores bancos de dados quando se pesquisa a estratégia Seis Sigma, são bancos de dados que pouco contribuíram para este trabalho. A estratégia utilizada então foi a de empregar um terceiro banco de dados, este sim, atualizado e pertencente a uma empresa que ministra regularmente cursos de capacitação nas organizações, mantendo contato contínuo com os profissionais que trabalham com a estratégia Seis Sigma nestas organizações. Com este terceiro banco de dados obteve-se uma taxa de retorno satisfatória: dos 129 questionários enviados, 48 foram retornados.

A amostra utilizada nesta pesquisa, portanto, não busca generalizar os resultados para uma população, tratando-se de uma macrofase exploratória que busca analisar qualitativamente o desempenho do instrumento de coleta de dados, para uma pesquisa posterior mais abrangente do tipo levantamento *survey*, não abordada neste trabalho.

O instrumento de coleta de dados elaborado foi um questionário dividido em três blocos de questões: (i) definições da organização e do respondente; (ii) natureza dos dados; (iii) métodos de seleção de projetos Seis Sigma. Para a elaboração do questionário baseou-se no trabalho de Banuelas et al. (2006). O questionário foi hospedado de modo on-line na plataforma específica para este fim da empresa Google. Foram então enviados convites por e-mail para que os profissionais cadastrados no banco de dados acessassem e respondessem o questionário.

As respostas dos questionários foram diretamente tabuladas em planilhas eletrônicas do software Excel da empresa Microsoft. Foi utilizada inicialmente a estatística descritiva para analisar os resultados e, posteriormente, analisaram-se as relações entre as categorias de respostas utilizando o teste de Qui-Quadrado. Os principais resultados são apresentados na próxima seção deste texto.

5. Resultados da pesquisa aplicada

Primeiramente foram observadas as tabelas de frequência para cada uma das questões aplicadas. As Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, e 8, bem como a Tabela 1, apresentam as

frequências com que cada resposta foi atribuída em cada questão. Cabe destacar que, quando necessário, explicações e orientações extras eram apresentadas por escrito ao lado da questão proposta ao respondente; estas inserções extras não estão apresentadas neste texto.

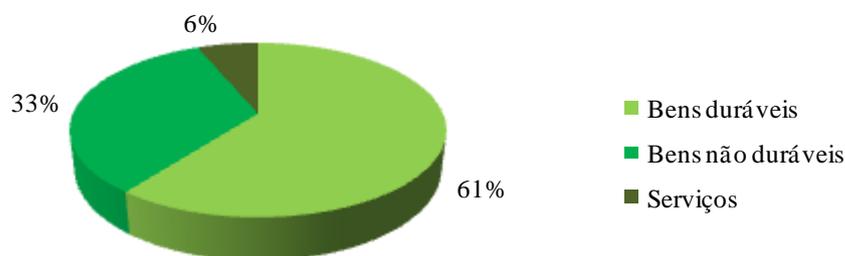



Figura 1 - A organização (ou unidade, ou filial) comercializa (ou produz) predominantemente

Fonte: Dados da pesquisa

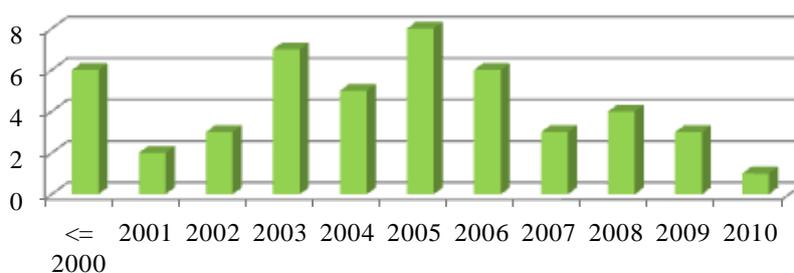



Figura 2 - Ano em que a organização (ou unidade, ou filial) concluiu o primeiro projeto Seis Sigma

Fonte: Dados da pesquisa

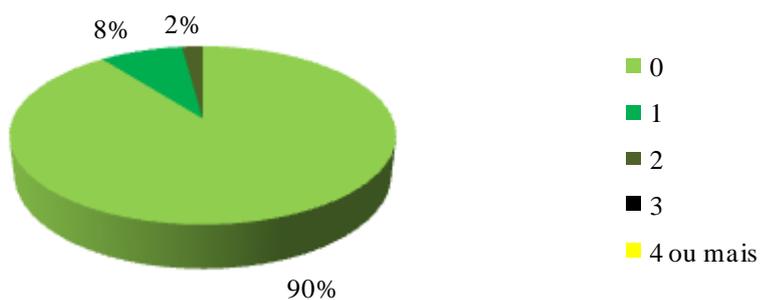



Figura 3 - A organização (ou unidade, ou filial) descontinuou quantas vezes a estratégia Seis Sigma

Fonte: Dados da pesquisa

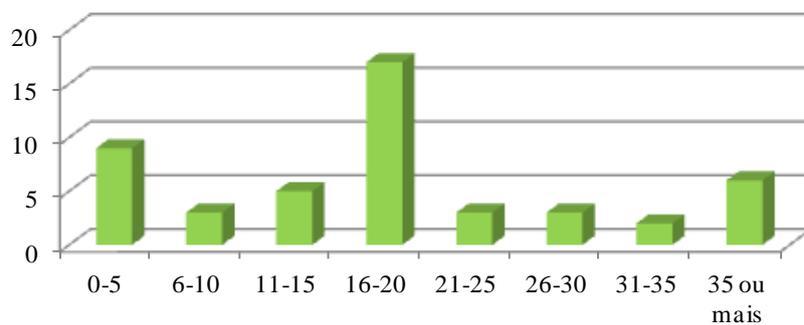



Figura 4 - Em média, quantos projetos Seis Sigma são concluídos por ano
Fonte: Dados da pesquisa

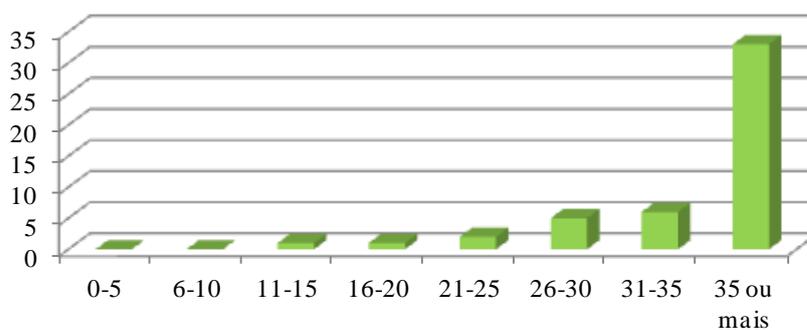



Figura 5 - Em média, quantos projetos Seis Sigma são elaborados por ano
Fonte: Dados da pesquisa

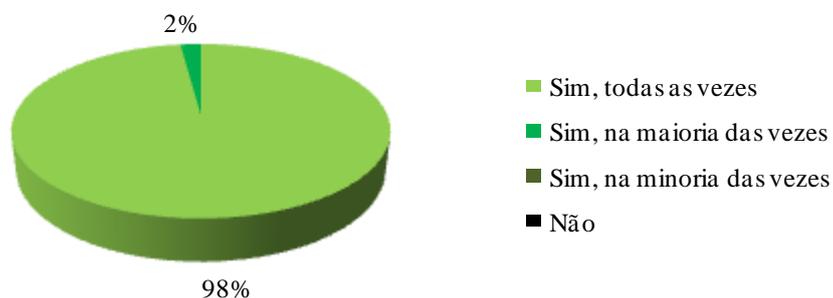



Figura 6 - A organização (ou unidade, ou filial) utiliza algum método de seleção de projetos Seis Sigma
Fonte: Dados da pesquisa

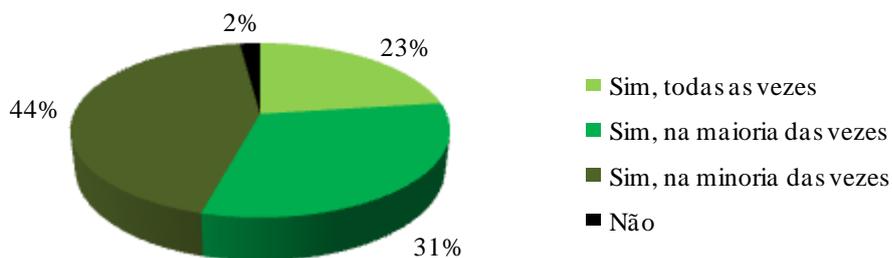



Figura 7 - A organização (ou unidade, ou filial) utiliza algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma
Fonte: Dados da pesquisa

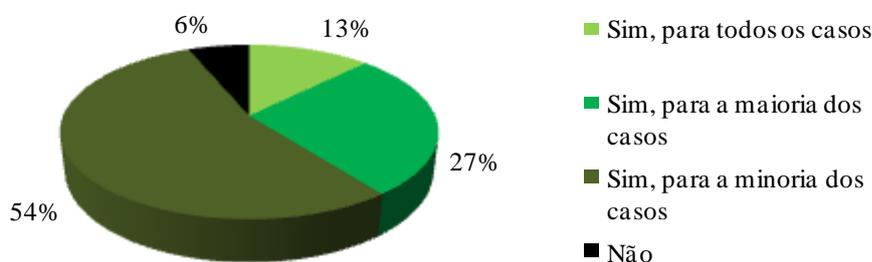



Figura 8 - Nesta organização (ou unidade, ou filial) um novo método de seleção de projetos Seis Sigma é uma necessidade atual
Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 1 - Variáveis mais utilizadas na seleção de projetos Seis Sigma na organização (ou unidade, ou filial)

Resposta	Frequência	%
Custos do projeto	47	98%
Duração do projeto	47	98%
Número de *Black Belts*	24	50%
Número de *Green Belts*	38	79%
Satisfação do consumidor	38	79%
Impacto na estratégia organizacional	45	94%
Melhoria no nível sigma	47	98%
Impacto financeiro (custo da má qualidade)	42	88%
Crescimento da produtividade	21	44%
Outras	7	15%
Não respondeu	1	2%
Total	357	

Fonte: Dados da pesquisa

Num segundo momento passou-se a analisar as relações entre as categorias de respostas utilizando o teste de Qui-Quadrado. O teste de Qui-Quadrado mostra se existem relações significativas entre as categorias de questões, e isto quando a significância do teste (p) for igual ou menor à 0,05. Neste texto são apresentados apenas os cruzamentos que mostraram significância estatística. As Tabelas 2 e 3 mostram o relacionamento entre as questões, onde "df" são os graus de liberdade e "p" é a significância do teste.

Tabela 2 - Cruzamento entre as respostas das questões contidas na Figura 2 e na Figura 7

	Resultados apresentados na Figura 7				Total
	Sim, todas as vezes	Sim, na maioria das vezes	Sim, na minoria das vezes	Não	
<=2000	5	1	0	0	6
2001	0	0	2	0	2
2002	3	0	0	0	3
2003	0	7	0	0	7
2004	0	4	1	0	5
2005	0	0	8	0	8
2006	0	0	6	0	6
2007	0	1	2	0	3
2008	0	2	2	0	4
2009	3	0	0	0	3
2010	0	0	0	1	1
Total	11	15	21	1	48
Chi-square: 124,165; df=30; p=0,000000000000203					

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3 - Cruzamento entre as respostas das questões contidas na Figura 2 e na Figura 8

	Resultados apresentados na Figura 8				Total
	Sim, para todos os casos	Sim, para a maioria dos casos	Sim, para a minoria dos casos	Não	
<2001	1	0	5	0	6
2001	1	0	1	0	2
2002	0	1	0	2	3
2003	1	3	2	1	7
2004	0	1	4	0	5
2005	0	2	6	0	8
2006	3	3	0	0	6
2007	0	0	3	0	3
2008	0	1	3	0	4
2009	0	1	2	0	3
2010	0	1	0	0	1
Total	6	13	26	3	48
Chi-square: 50,082; df=30; p=0,01216078					

Fonte: Dados da pesquisa

6. Análise e discussão dos resultados

Pode-se verificar que no cruzamento entre as Tabelas 2 e 7, houve significância (p=0,000000000000203) entre as categorias das questões. Isto é, existe estatisticamente relacionamento entre o ano em que a organização (ou unidade, ou filial) concluiu o primeiro projeto Seis Sigma e o fato da organização (ou unidade, ou filial) utilizar algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma, em outras palavras, esta inferência é bastante óbvia, se a organização (ou unidade, ou filial) concluiu algum projeto Seis Sigma, ela também já utilizou algum método matemático para selecionar algum projeto Seis Sigma.

No cruzamento entre as Tabelas 2 e 9, existe um relacionamento significativo (p=0,01216078) entre as categorias das questões. Isto é, existe estatisticamente algum relacionamento significativo entre o ano em que a organização (ou unidade, ou filial) concluiu o primeiro projeto Seis Sigma e o fato da organização (ou unidade, ou filial) ter como necessidade atual um novo método de seleção de projetos Seis Sigma. Isto pode indicar que, se a organização (ou unidade, ou filial) concluiu algum projeto Seis Sigma, ela também necessita de um novo método de seleção de projetos Seis Sigma.

Um resultado a destacar na pesquisa é: no período dos anos de 2003 a 2006 teve-se o maior número de organizações efetivamente obtendo os primeiros resultados com a estratégia Seis Sigma, 55% da amostra. Outro resultado a destacar é: organizações descontinuaram a estratégia Seis Sigma por certo período. De fato, esta questão foi inserida apenas para verificar uma possível corelação com outras questões. Pelo número médio de projetos Seis Sigma que são concluídos por ano, pode-se verificar que a maioria das organizações que fazem parte da amostra é de médio e grande porte.

Também cabe ressaltar que as organizações elaboram um número médio maior de projetos por ano do que o número médio de projetos concluídos por ano. Isto mostra que as organizações necessitam de algum modo, selecionar alguns projetos de um portfólio. Isto foi confirmado com outra questão que apontou que 98% da amostra utilizam algum método de seleção de projetos Seis Sigma em todas às vezes.

Algumas variáveis foram identificadas como críticas no processo de seleção de projetos Seis Sigma nestas 48 organizações brasileiras, em sua maioria, produtoras de bens de consumo duráveis e não duráveis, sendo estes resultados abordados nas conclusões deste trabalho.

7. Conclusões

Com este trabalho, conclui-se que, para a amostra considerada, apenas 2% das organizações não utilizam um método matemático para selecionar projetos Seis Sigma e que 54% das organizações utilizam sempre (ou na maioria das vezes) algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma. Isto mostra que ao utilizarem modelos matemáticos no processo de seleção de projetos, naturalmente são necessários dados quantitativos e, justamente identificar estas variáveis críticas, foi o objetivo deste trabalho.

Foi possível identificar que os custos do projeto (98%), a duração do projeto (98%), a melhoria no nível sigma (98%) e o impacto financeiro (custo da má qualidade) (88%) são as variáveis críticas (mais utilizadas) no processo de seleção de projetos Seis Sigma. As demais variáveis colocadas como opções foram menos assinaladas pelos respondentes. Um dado relevante é que apenas 7 respondentes assinalaram a opção ‘‘Outras’’ variáveis, mostrando que de fato as variáveis selecionadas para o questionário são as mais utilizadas (conforme apontado nos resultados de referencia bibliográfica apresentada na seção de subsídios teóricos).

Concluiu-se que existe uma necessidade significante de um novo processo de seleção de projetos Seis Sigma, para a amostra. Assim, em relação aos objetivos deste trabalho pode-se concluir que foram alcançados. Os cruzamentos das respostas não mostraram relações estatisticamente significativas em relação às variáveis críticas identificadas. Como melhorias nos processos de seleção de projetos Seis Sigma, sugere-se, a partir das variáveis identificadas, que um modelo matemático considere prioritariamente estas variáveis, podendo este modelo matemático ser útil para uma série de organizações brasileiras.

Um ponto adicional a destacar é a análise qualitativa do desempenho do instrumento de coleta de dados: pode-se concluir que o questionário apresentou um desempenho satisfatório, respondendo as questões inicialmente propostas, e que a hospedagem em plataforma eletrônica também ajudou no processo de investigação, uma vez que o questionário ficou visualmente atrativo ao respondente.

A limitação principal deste trabalho é a amostra reduzida de 48 organizações, não tendo sido possível elaborar uma pesquisa com maior rigor estatístico no que tange às inferências da amostra na população. Na realidade, cabe destacar que no Brasil tem-se uma dificuldade em identificar um banco de dados atualizado que tenha informações de organizações que utilizam a estratégia Seis Sigma, portanto a respectiva população é desconhecida e difícil de ser estimada. Ainda que a pesquisa forneça evidências sobre os processos de seleção de projetos Seis Sigma nestas organizações, sabe-se que são resultados limitados a uma amostra não probabilística. Futuras pesquisas podem objetivar uma investigação na mesma linha utilizando-se um banco de dados maior e atualizado de organizações brasileiras que utilizam a estratégia Seis Sigma.

Referências

[32] ADAMS, C.; GUPTA, P.; WILSON, C. Six Sigma Deployment. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

[33] ANTONY, J. et al. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.31-53, 2012.

[34] ANTONY, J. Is six sigma a management fad or fact? Assembly Automation, v.27, n.1, p.17-19, 2007.

[35] ANTONY, J. Six sigma for service processes. Business Process Management Journal, v.12, n.2, p.234-248, 2006.

[36] ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: some empirical observations. International Journal of Quality & Reliability Management, v.22, n.8, p.860-874, 2005.

[37] BANUELAS, R. et al. Selection of six sigma projects in the UK. The TQM Magazine, v.18, n.5, p.514-527, 2006.

[38] BREYFOGLE, F.; CUPELLO, J.; MEADWS, B. Managing Six Sigma. New York: Wiley Inter-science, 2001.

[39] DE FEO, J.; BARNARD, W. Juran institute's six sigma breakthrough and beyond: Quality Performance Methods. New York: McGraw-Hill, 2004.

[40] DINESH KUMAR, U. et al. Reliability and Six Sigma. Berlin: Springer, 2006.

[41] FORZA, C. Survey research in operations management: a process-besead perspective. International Jornal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.152-194, 2002.

[42] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[43] HILTON, R. J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.54-70, 2012.

[44] KELLY, M. Three steps to project selection. ASQ Six Sigma Forum Magazine, v.2, n.1, p.29-33, 2002.

[45] KUMAR, M. et al. Common myths of six sigma demystified. International Journal of Quality & Reliability Management, v.25, n.8, p.878-895, 2008.

[46] KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. Business Process Management Journal, v.15, n.5, p.669-686, 2009.

[47] KUMAR, U. D. et al. Six sigma project selection using data envelopment analysis. The TQM Magazine, v.19, n.5, p.419-441, 2007.

[48] LAUREANI, A.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Lean six sigma in a call centre: a case study. International Journal of Productivity and Performance Management, v.59, n.8, p.757-768, 2010.

[49] MANVILLE, G. et al. Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.7-20, 2012.

[50] PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model. International Journal of Project Management, v.29, n.8, p.1091-1102, 2011.

[51] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill, 2000. 422 p.

[52] PYZDEK, T. Selecting six sigma projects. Quality Digest, available at: www.qualitydigest.com/sept00/html/sixsigma.html (accessed 16 March 2005), 2000.

[53] PYZDEK, T. The Six Sigma Project Planner. New York: McGraw-Hill, 2003.

[54] RAY, S.; DAS, P. Six Sigma project selection methodology. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.293-309, 2010.

[55] RAY, S.; DAS, P.; BHATTACHARYA, B. K. Prevention of industrial accidents using Six Sigma approach. International Journal of Lean Six Sigma, v.2, n.3, p.196-214, 2011.

[56] SHARMA, S.; CHETIYA, A. R. Six Sigma project selection: an analysis of responsible factors. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.280-292, 2010.

[57] SNEE, R. D. Six Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, v.1, n.1, p.4-20, 2004.

[58] TKÁC, M.; LYÓCSA, S. On the Evaluation of Six Sigma Projects. Quality and Reliability Engineering International, v.26, p.115-124, 2009.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DE CASO EM SELEÇÃO DE PROJETOS SEIS SIGMA

Cristiano Roos

Resumo: O objetivo deste trabalho é identificar as etapas utilizadas em um processo de seleção de projetos Seis Sigma por meio de um estudo de campo. Este objetivo é derivado de um problema de pesquisa identificado na literatura qualificada, em específico, a dificuldade em selecionar projetos com maior potencial de retorno. Como procedimento técnico metodológico utilizou-se a pesquisa do tipo estudo de caso único. A amostra foi propositalmente selecionada, tratando-se de unidade siderúrgica de grande porte instalada no Brasil que emprega o sistema de gestão Seis Sigma há nove anos. No estudo de campo foram utilizadas três fontes de evidencias, as análises documentais, as observações e as entrevistas. Com isto foi possível identificar as etapas utilizadas no processo de seleção, sendo isto, o principal resultado teórico deste trabalho. O processo de seleção de projetos utilizado no caso prático não é estruturado e baseia-se em uma sequência de análises estatísticas básicas de dados históricos relacionados a processos de produção dos quais são derivados os projetos Seis Sigma. Foram utilizadas análises de estatística descritiva e cálculos de intervalos de confiança damédia e da variância. Os resultados práticos para a organização também foram apresentados neste texto. Com isso, pode-se concluir que este trabalho cumpriu seus objetivos propostos, identificando as etapas utilizadas em um processo de seleção de projetos Seis Sigma.

Palavras Chave: Metodologia Seis Sigma, seleção de projeto Seis Sigma, processo de seleção

1. Introdução

O sistema de gestão Seis Sigma, assim como muitos outros temas na Engenharia de Produção, desenvolve-se do ponto de vista científico, principalmente, nas atividades práticas de campo. As novas teorias operacionais, táticas e estratégicas em Seis Sigma precisam ser testadas e avaliadas na prática cotidiana das organizações. Aliás, muitas das novas teorias em Seis Sigma são resultantes de estudos de campo.

O objetivo neste trabalho é identificar as etapas utilizadas em um processo de seleção de projetos Seis Sigma por meio de um estudo de campo. Este objetivo de pesquisa é derivado de um problema comum em organizações que utilizam o sistema de gestão Seis Sigma, isto é, a dificuldade em selecionar projetos com maior potencial de retorno financeiro. A literatura qualificada aponta este problema em uma série de artigos. Além disso, a correta seleção de projetos é um fator chave para o sucesso da estratégia Seis Sigma dentro das organizações.

Para apresentar os principais resultados desta pesquisa, este texto está dividido em seis seções: 1. Introdução; 2. Método de pesquisa; 3. Revisão teórica; 4. Pesquisa de campo; 5. Resultados da pesquisa aplicada; 6. Considerações finais. A próxima seção traz o método de pesquisa utilizado para se atingir o objetivo deste trabalho.

2. Método de pesquisa

Este trabalho de pesquisa é classificado: (1) quanto à natureza: aplicado; (2) quanto aos objetivos: pesquisa exploratória; (3) quanto aos procedimentos técnicos: estudo de caso; (4) quanto à abordagem de pesquisa: qualitativa. Para o planejamento e a condução da pesquisa do tipo estudo de caso foram utilizadas as orientações de Gil (2009).

Neste trabalho procedeu-se inicialmente com um breve mapeamento da literatura para estabelecer as questões de pesquisa, tendo sido estabelecido: quais etapas podem ser identificadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma no caso prático? Na sequência, a unidade de análise foi definida e a seleção dos casos foi propositalmente direcionada a uma empresa por razões de fácil acessibilidade, visto que poucas organizações permitem o acesso de pesquisadores nas reuniões de seleção de projetos Seis Sigma.

De fato, o estudo de apenas um caso é a principal limitação deste trabalho. Quanto menor o número de casos abordados, menor a possível extensão das conclusões (EISENHARDT; GRAEBNER, 2007). Por outro lado, Voss, Tsikriktsis e Frohlich (2002) expõem que quanto menor o número de casos, maior a oportunidade de detalhamento do estudo. Esta questão também foi estudada e discutida por Barratt, Choi e Li (2011), que expõem que o número de casos depende dos objetivos e dos temas em estudo.

No estudo foram utilizadas três fontes de evidencias: as análises documentais, as observações e as entrevistas. O estudo de caso, com as respectivas fontes de evidencia, será apresentado na quarta seção deste texto.

3. Revisão teórica

O sistema de gestão Seis Sigma vem sendo cada vez mais utilizado em organizações instaladas no Brasil, cabendo citar algumas: 3M; América Latina Logística; Belgo Mineira; Brahma; Brasmotor; Caterpillar; Dupont; General Electric; General Motors; Gerdau; Alcan; Goodyear; Grupo Martins; Hewlett-Packard; Johnson & Johnson; Kodak; Motorola; Petrobrás; Politeno; Saturnia; Shell; Volkswagen; Votorantim Cimentos.

O Seis Sigma tem sido utilizado por mais de uma década resultando em milhões de dólares de lucro (HILTON; SOHAL, 2012). Na maioria dos casos, uma organização utiliza o Seis Sigma para alcançar benefícios na lucratividade e na satisfação do cliente (RAY; DAS; BHATTACHARYA, 2011). De fato, o Seis Sigma é uma estratégia de negócio bem conhecida, utilizada para a melhoria da qualidade por meio de um conjunto de métodos estruturados e medidas estatísticas para avaliar e melhorar as operações produtivas das organizações (ANTONY et al., 2012).

O sistema de gestão Seis Sigma se tornou conhecido em muitos países devido à sua capacidade em melhorar o desempenho de um processo, reduzir defeitos em produtos e serviços, minimizar a variabilidade em processos, bem como os custos operacionais

(KUMAR; ANTONY; CHO, 2009). Esta estratégia resulta em maior satisfação dos clientes e afeta diretamente a lucratividade e a sobrevivência das organizações (SNEE, 2004; ANTONY; KUMAR; MADU, 2005; ANTONY, 2007).

Com o passar dos anos, algumas oportunidades de pesquisa surgiram relacionadas ao Seis Sigma, motivando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema, como é o caso deste trabalho. Para tanto, esta seção apresenta resumidamente subsídios teóricos sobre processos de seleção de projetos Seis Sigma.

Na literatura qualificada defende-se, há quase uma década, que o fator chave para o sucesso do Seis Sigma é a seleção de projetos (MANVILLE et al., 2012; SHARMA; CHETIYA, 2010; LAUREANI; ANTONY; DOUGLAS, 2010; TKÁC; LYÓCSA, 2009; KUMAR et al., 2007; BANUELAS et al., 2006). Seleção de projetos é o processo de avaliação de projetos individuais, ou propostos por grupos de pessoas, escolhendo-se qual, ou quais projetos serão implementados para que os objetivos da organização e, em particular, do processo produtivo envolvido, sejam alcançados (PADHY; SAHU, 2011).

No artigo de Padhy e Sahu (2011), os autores argumentam que a seleção e a priorização de projetos que serão desenvolvidos no âmbito do sistema de gestão Seis Sigma em muitas organizações ainda são baseadas em puro julgamento subjetivo. Em outra citação (KUMAR et al., 2008), os autores argumentam que há uma escassez de literatura sobre seleção de projetos Seis Sigma, um tema que passa despercebido na maioria das organizações. Em uma terceira citação nesta linha (ANTONY, 2006), o autor manifesta-se argumentando que a priorização de projetos Seis Sigma em muitas empresas orientadas a serviços ainda é baseada em julgamento subjetivo.

Como a seleção do projeto mais adequado para a estratégia Seis Sigma é uma preocupação para o sucesso em curto e em longo prazo dentro de qualquer organização (RAY; DAS, 2010), a literatura apresenta alguns modelos e métodos para a seleção de projetos Seis Sigma. Por exemplo, em Banuelas et al. (2006), são listados: 1. *Pareto priority index*, *analytic hierarchy process* (AHP), *quality function deployment* (QFD), *theory of constraints* (PYZDEK, 2000; PYZDEK, 2003); 2. *project assessment matrix* (BREYFOGLE; CUPELLO; MEADWS, 2001); 3. QFD (PANDE; NEUMAN; CAVANAGH, 2000); 4. *project selection matrix* (KELLY, 2002); 5. *project ranking matrix* (ADAMS; GUPTA; WILSON, 2003); 6. *reviewing data on potential projects against specific criteria* (DE FEO; BARNARD, 2004); 7. AHP (DINESH KUMAR et al., 2006). No entanto, críticas são apresentadas na literatura em relação a estes modelos e métodos listados. De fato, este é um tema que ainda precisa ser explorado em estudos de campo.

De tal forma, está caracterizado o papel crítico do processo de seleção de projetos Seis Sigma, sendo neste contexto a proposta deste trabalho de pesquisa, que busca identificar as etapas utilizadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma por meio de uma pesquisa de campo.

4. Pesquisa de campo

Este estudo qualitativo de campo foi realizado em outra unidade siderúrgica brasileira de grande porte que utiliza o sistema de gestão Seis Sigma há nove anos. A necessidade em selecionar um projeto Seis Sigma se deu em função de uma demanda assumida pela direção da siderúrgica. Dois projetos foram apresentados pela gerência de produção do setor de transformação mecânica de aços. A direção da unidade siderúrgica solicitou a seleção de apenas um destes projetos.

4.1. Contextualização: apresentação dos projetos Seis Sigma

O processo de seleção de projetos Seis Sigma envolveu duas características em especial, a saber. A primeira é que apenas dois projetos Seis Sigma foram propostos pela gerência de produção. A segunda é que os dois projetos eram muito semelhantes e relacionados a dois processos de produção também muito semelhantes. Estes fatos, pelo contrário do que se imaginou, influenciaram no sentido de dificultar a seleção do projeto, afinal eram apenas dois projetos e com variáveis muito semelhantes. O resumo de algumas variáveis de cada projeto Seis Sigma está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Os projetos Seis Sigma e algumas respectivas variáveis

Variáveis	Projeto Seis Sigma 1	Projeto Seis Sigma 2
Número de Black Belts	1	1
Número de Green Belts	1	1
Duração do projeto	6 meses	6 meses
Localização do problema prático	em um processo de produção (laminação de aço)	em um processo de produção (laminação de aço)
Natureza do problema prático	não conformidades nos produtos finais do processo	não conformidades nos produtos finais do processo
Efeitos do problema prático para a organização	perdas monetárias com indenizações aos clientes; perdas monetárias com refugos, retrabalhos e reposições de produtos	perdas monetárias com indenizações aos clientes; perdas monetárias com refugos, retrabalhos e reposições de produtos
Efeitos do problema prático para o cliente	insatisfação dos clientes em função das não conformidades	interrupção nos processos de produção dos clientes
Retorno financeiro previsto	24.093 dólares ao quadrimestre	23.287 dólares ao quadrimestre
Investimento financeiro total previsto	17.430 dólares	15.920 dólares
Principal métrica do projeto	% de não conformidade no processo de produção	% de não conformidade no processo de produção
Impacto do projeto na satisfação do cliente	diretamente	diretamente
Impacto do projeto no planejamento estratégico da organização	diretamente	diretamente
Impacto no nível sigma	projeção de diminuição de pelo menos 131 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)	projeção de diminuição de pelo menos 181 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO)
Impacto na produtividade	variável incerta/ não definida quantitativamente	variável incerta/ não definida quantitativamente

Fonte: Dados do estudo

4.2. Definição do processo de seleção de projetos Seis Sigma a ser utilizado

O grupo responsável pela seleção de um dos projetos Seis Sigma procedeu com uma análise relativa à disponibilidade de dados qualitativos e quantitativos nos projetos para buscar definir o processo de seleção a ser utilizado. Verificou-se que para cada projeto havia dados quantitativos suficientes para utilizar-se um processo de seleção baseado em algum modelo matemático. Os dados quantitativos referiam-se principalmente aos indicadores de desempenho utilizados para controlar os processos de produção cujos projetos respectivamente se referiam. Em função das características dos projetos Seis Sigma o grupo decidiu por não utilizar nenhum dos modelos matemáticos disponíveis na literatura consultada para este trabalho, nem mesmo modelos de decisão de multi critérios (MCDM).

O grupo decidiu utilizar um processo não estruturado, isto é, uma sequência de análises estatísticas que pudessem evidenciar as mais relevantes oportunidades de melhoria em um ou outro processo de produção. Aqui se apresenta uma prática interessante, que pode ser utilizada em casos semelhantes, ou seja, ao invés de considerarem-se apenas as variáveis relacionadas aos projetos Seis Sigma, pode-se alternativamente considerar os dados relacionados aos processos de produção, desde que os projetos Seis Sigma objetivem a implementação de melhorias nestes respectivos processos de produção.

4.3. Apresentação dos processos de produção

Os dois processos de produção relacionados respectivamente com os dois projetos Seis Sigma são denominados P1 e P2. Foram desenvolvidos projetos Seis Sigma para estes processos de produção porque produtos com problemas de qualidade estavam sendo produzidos, em especifico, tarugos de aço com não conformidades em suas dimensões geométricas de perfil quadrado. Não conformidades nestes processos de produção precisam ser eliminadas ou reduzidas, pois os produtos finais de P1 e P2 são enviados para os clientes e não para outros processos internos da organização. Igualmente, uma das estratégias de médio prazo da organização é reduzir não conformidades nos produtos finais enviados aos clientes.

Os processos P1 e P2 são compostos por nove subprocessos. Para P1, tem-se: SP101, SP102, SP103, SP104, SP105, SP106, SP107, SP108 e SP109, e para P2, tem-se: SP201, SP202, SP203, SP204, SP205, SP206, SP207, SP208 e SP209. Todos os subprocessos em questão são laminadores a frio, sendo que em cada subprocesso existem em média oito variáveis aleatórias para as quais são desempenhados os controles de processo.

4.4. Apresentação das variáveis aleatórias de interesse

Para este trabalho foram extraídas do relatório de pesquisa apenas duas variáveis aleatórias de interesse aqui, em outras palavras, variáveis aleatórias que mostraram excessiva variabilidade nas análises estatísticas realizadas, conforme breve explicação apresentada na próxima subseção deste texto. Este também é um esforço no sentido de facilitar o entendimento deste trabalho, visto que um processo de laminação (seja a quente ou a frio) não é um processo simples de ser projetado, ou controlado, ou colocado em campanha de produção, porque pelo menos duas dezenas de variáveis aleatórias relacionam-se e influenciam as características do produto em transformação mecânica nos rolos laminadores. As variáveis aleatórias de interesse são:

a) Variável aleatória C_{112} onde: C_{112} é igual à largura geométrica do tarugo de aço processado em SP109; a especificação nominal de C_{112} é 120 milímetros e; as especificações de C_{112} são dadas pela equação 1:

$$S_{112} = \{c_{112} \mid 115 \leq c_{112} \leq 125\} \qquad (1)$$

b) Variável aleatória C_{212} onde: C_{212} = largura geométrica do tarugo de aço processado em SP209; a especificação nominal de C_{212} é 90 milímetros e; as especificações de C_{212} são dadas pela equação 2:

c)

$$S_{212} = \{c_{212} \mid 89 \leq c_{212} \leq 91\} \qquad (2)$$

4.5. Processo de seleção do projeto Seis Sigma

Para identificar o processo de produção com mais oportunidades de melhoria, o que implicaria na seleção de um projeto Seis Sigma, procedeu-se com uma série de práticas simples e de modo não estruturado. Inicialmente o grupo considerou para a análise todas as variáveis aleatórias relacionadas à P1 e P2, isto é, 238 variáveis aleatórias. Cada variável aleatória foi analisada considerando os períodos característicos, buscando verificar a estabilidade de P1 e P2 entre as paradas (interrupções) do processo. Aqui se utilizou a estatística descritiva, sendo que para a condução das análises utilizou-se o software Mathematica (versão 5.2).

Com as análises foi possível identificar instabilidade nos subprocessos SP109 e SP209, especificamente, em duas variáveis aleatórias C_{112} e C_{212}. Em C_{112} e C_{212} eram visíveis sistemáticas flutuações de variabilidade, o que justificava a elevada taxa de não conformidades para estas variáveis aleatórias.

Num segundo momento passou-se a analisar as relações entre C_{112} e C_{212} com as demais variáveis aleatórias utilizando o teste do Chi-quadrado (teste de independência). O resultado mostrou relações significativas entre C_{112} e a maioria das variáveis aleatórias testadas de SP107, SP108, SP109, bem como, mostrou relações significativas entre C_{212} e a maioria das variáveis aleatórias testadas de SP207, SP208, SP209. Os resultados dos cálculos que mostram estas relações significativas não foram apresentados por razões de limitação de palavras neste texto.

Relevante que aqui mais uma vez o grupo pôde verificar que os dois processos de produção são muito semelhantes. Neste ponto, novamente não foi possível identificar um processo de produção com mais oportunidades de melhoria, pois as diferenças nos resultados não eram estatisticamente significativas.

Para refinar o entendimento de P1 e P2, foi realizada uma análise mais detalhada. Para C_{112} e C_{212} foram coletados mais dados no banco de dados, respectivamente 995.000 e 1.150.000 dados que correspondem a 21 intervalos para cada variável aleatória. A ideia foi coletar dados suficientes para abranger os últimos quatro meses de produção. Cabe destacar que apenas C_{112} e C_{212} foram consideradas porque estatisticamente mostraram relações significativas com outras variáveis, então se C_{112} ou C_{212} mostrassem alguma anormalidade significativa, caberiam análises mais detalhadas das causas raízes desta anormalidade significativa.

Procedeu-se então com o cálculo dos intervalos de confiança da média e da variância para cada um dos 21 intervalos de dados de C_{112} e C_{212} com nível de confiança de 95%. No Anexo 1, nas Figuras 1, 2, 3 e 4 são apresentados os intervalos de dados analisados, isto é, 5000 dados antes e 5000 dados depois de cada parada (interrupção) do processo de produção (total de 21 paradas). Assim, totalizou 42 conjuntos de dados com 5000 dados para cada uma das variáveis aleatórias. Novamente utilizou-se o software Mathematica.

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 estão os intervalos de confiança da média e da variância onde é possível identificar algumas anormalidades sistemáticas nos processos, possíveis problemas de estabilidade em P1 e P2. Isto é, os intervalos de dados identificados e que se mostraram fora dos padrões normais são para SP109: 7, 8, 15, 19 e 20; para SP209: 2, 3, 8 e 14.

Em razão disto, o grupo procedeu com o aprofundamento da análise, sendo que para cada intervalo de dados identificado, novos subintervalos foram estabelecidos. No Anexo 1, nas Figuras 5 até 13 são apresentados os intervalos de confiança da média e da variância para cada um dos novos subintervalos de dados de C_{112} e C_{212}.

Com estas novas análises foi possível estabelecer um questionamento: por que em C_{212} no decorrer dos intervalos de dados 3 e 14 aconteceram alterações sistemáticas nos intervalos de confiança? Este questionamento não é decorrente de resultados de testes de hipóteses. O grupo de trabalho fez o questionamento a partir da análise dos gráficos. Segundo o grupo, os resultados dos gráficos indicam que possíveis causas especiais estão gerando problemas de estabilidade em P2, o que podem ser as causas raízes dos problemas de não conformidade nos produtos finais.

Com isso o grupo selecionou P2 como sendo o processo com mais oportunidades de melhorias, isto é, o grupo selecionou o projeto Seis Sigma de número 2 para ser implementado na unidade siderúrgica.

4.6. Resultados práticos do estudo de campo

Neste estudo de campo, os principais resultados práticos para a organização foram a seleção e a implementação do projeto Seis Sigma relacionado ao processo de produção P2. Após a conclusão da implementação do projeto selecionado, buscou-se verificar se os objetivos do projeto Seis Sigma foram atingidos, ou seja, após a implementação do projeto resumidamente os resultados foram: Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados do projeto Seis Sigma implementado

Variáveis	Projeto Seis Sigma 1
Número de Black Belts	participou 1
Número de Green Belts	participou 1
Duração do projeto	197 dias
Problema prático - considerado um período de 4 meses após o término da implementação	foi solucionado, pois apenas alguns produtos não conforme ainda foram produzidos
Efeitos da eliminação do problema prático para a organização considerando um período de 4 meses após o término da implementação	as perdas monetárias com rescisão de contratos de fornecimento foram eliminadas; as perdas monetárias com refugos, retrabalhos e reposições de produtos foram reduzidas
Efeitos da eliminação do problema prático para o cliente - considerando um período de 4 meses após o término da implementação	interrupção nos processos de produção dos clientes não ocorreram no período considerado
Retorno financeiro - igualmente considerando um período de 4 meses	23.740 dólares - superando o esperado para o primeiro quadrimestre
Investimento financeiro total para a conclusão do projeto	15.730 dólares - ou seja, abaixo do orçamento inicialmente previsto
Impacto do projeto no planejamento estratégico da organização	o projeto foi implementado e os resultados impactam diretamente no planejamento estratégico da organização
Impacto no nível sigma - igualmente considerando um período de 4 meses	diminuição média de 227 defeitos por milhão de oportunidades

Fonte: Dados do estudo

De tal modo, pode-se sugerir que o projeto Seis Sigma selecionado foi o correto, pois os resultados práticos após a implementação do projeto mostram que os objetivos foram atingidos e até mesmo superados em alguns pontos. Um ponto negativo nos resultados é a impossibilidade de se compará-los com outros resultados teóricos, pois a literatura consultada para este trabalho não apresenta pesquisas semelhantes.

5. Resultados da pesquisa aplicada

Os resultados práticos para a organização foram apresentados na seção anterior. Aqui estão compilados os resultados teóricos de acordo com o objetivo deste trabalho, isto é, um resumo das etapas utilizadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma na siderúrgica.

O processo de seleção de projetos utilizado no caso prático não é estruturado e baseia-se em uma sequência de análises estatísticas básicas de dados históricos relacionados a processos de produção dos quais são derivados os projetos Seis Sigma: Tabela 3.

Tabela 3 - Descrição resumida do processo de seleção do estudo de campo

Nº	Atividade
1	Reunião com duração de aproximadamente 4,5 horas com um Black Belt e cinco Green Belts
1.1	Apresentação dos dois projetos concorrentes no processo de seleção
1.2	Análise relativa à disponibilidade de dados qualitativos e quantitativos de cada projeto
1.3	Seleção das variáveis críticas, isto é, duas variáveis aleatórias relacionadas respectivamente a cada projeto candidato no processo de seleção
1.4	Análise de estatística descritiva dos dados históricos relacionados às duas variáveis críticas
1.5	Discussão da análise estatística realizada
2	Reunião com duração aproximada de 5 horas com as mesmas pessoas que participaram da primeira reunião
2.1	Teste de independência entre as variáveis aleatórias
2.2	Coleta de mais dados históricos relacionados às variáveis aleatórias
3	Reunião com duração aproximada de 4 horas com as mesmas pessoas que participaram da primeira e da segunda reunião
3.1	Realização de cálculos dos intervalos de confiança do primeiro e do segundo momento
3.2	Realização de novos cálculos dos intervalos de confiança do primeiro e do segundo momento para alguns subgrupos de dados
3.3	Decisão pelo projeto Seis Sigma que poderia proporcionar mais oportunidades de melhoria a partir dos resultados dos cálculos dos intervalos de confiança

Fonte: Dados da pesquisa

Neste processo de seleção foram consideradas apenas duas variáveis críticas, uma para cada projeto Seis Sigma, sendo elas: 1. Especificação de produto (projeto 1); 2. Especificação de produto (projeto 2).

A justificativa por terem sido consideradas apenas duas variáveis críticas foi apresentada pelas pessoas envolvidas no processo de seleção: como o mais importante destes projetos Seis Sigma era melhorar o desempenho de dois processos de produção, o mais conveniente foi analisar dados históricos de produção nestes processos. Assim, a lógica utilizada foi identificar a partir dos dados históricos qual dos processos de produção era menos instável, tendo sido necessária uma análise mais detalhada de estatística. Isto porque os processos apresentavam desempenhos satisfatórios e muito parecidos se considerarmos uma análise mais simples.

6. Considerações finais

Neste trabalho foram apresentados sucintamente etapas de um processo de seleção de projetos Seis Sigma de um estudo de campo, contribuindo com a literatura da área. De fato, na seção de resultados deste texto, pode-se verificar que o processo é relativamente simples. Em outras palavras, etapas que envolvem, em reuniões, dinâmicas de análise e discussão dos projetos Seis Sigma baseando-se em algumas variáveis críticas. Portanto, trata-se de um processo de seleção não estruturado que envolve predominantemente análises qualitativas.

Este estudo reforça as teorias apresentadas sobre o tema em alguns artigos qualificados da literatura, isto é, de que ainda há muita subjetividade no momento de selecionar ou priorizar projetos Seis Sigma. Por outro lado, o estudo aqui apresentado, em uma organização que utiliza o Seis Sigma há anos, mostra também que modelos matemáticos complexos não são bem vindos ao processo de seleção. Como as variáveis críticas variam de projeto para projeto, as organizações estudadas ainda preferem utilizar métodos qualitativos, isto é, subjetividade nos processos de seleção.

Como contribuição prática este trabalho apresentou os resultados obtidos na organização com a seleção e a implementação do projeto. Como sugestão para futuros trabalhos vale destacar a necessidade de mais estudos de casos que possam contribuir com a consolidação empírica do tema seleção de projetos Seis Sigma. De todo modo, este trabalho cumpriu com o objetivo inicialmente proposto de identificar as etapas utilizadas em um processo de seleção de projetos Seis Sigma.

Referências

[1] ADAMS, C.; GUPTA, P.; WILSON, C. Six Sigma Deployment. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

[2] ANTONY, J. et al. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.31-53, 2012.

[3] ANTONY, J. Is six sigma a management fad or fact? Assembly Automation, v.27, n.1, p.17-19, 2007.

[4] ANTONY, J. Six sigma for service processes. Business Process Management Journal, v.12, n.2, p.234-248, 2006.

[5] ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: some empirical observations. International Journal of Quality & Reliability Management, v.22, n.8, p.860-874, 2005.

[6] BANUELAS, R. et al. Selection of six sigma projects in the UK. The TQM Magazine, v.18, n.5, p.514-527, 2006.

[7] BARRATT, M.; CHOI, T. Y.; LI, M. Qualitative case studies in operations management: Trends, research outcomes, and future research implications. Journal of Operations Management, v.29, p.329-342, 2011.

[8] BREYFOGLE, F.; CUPELLO, J.; MEADWS, B. Managing Six Sigma. New York: Wiley Inter-science, 2001.

[9] DE FEO, J.; BARNARD, W. Juran institute's six sigma breakthrough and beyond: Quality Performance Methods. New York: McGraw-Hill, 2004.

[10] DINESH KUMAR, U. et al. Reliability and Six Sigma. Berlin: Springer, 2006.

[11] EISENHARDT, K. M.; GRAEBNER, M. E. Theory building from cases: opportunities and challenges. Academy of Management Journal, v.50, n.1, p.25-32, 2007.

[12] GIL, A. C. Estudo de caso. São Paulo: Atlas, 2009.

[13] HILTON, R. J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.54-70, 2012.

[14] KELLY, M. Three steps to project selection. ASQ Six Sigma Forum Magazine, v.2, n.1, p.29-33, 2002.

[15] KUMAR, M. et al. Common myths of six sigma demystified. International Journal of Quality & Reliability Management, v.25, n.8, p.878-895, 2008.

[16] KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. Business Process Management Journal, v.15, n.5, p.669-686, 2009.

[17] KUMAR, U. D. et al. Six sigma project selection using data envelopment analysis. The TQM Magazine, v.19, n.5, p.419-441, 2007.

[18] LAUREANI, A.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Lean six sigma in a call centre: a case study. International Journal of Productivity and Performance Management, v.59, n.8, p.757-768, 2010.

[19] MANVILLE, G. et al. Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.7-20, 2012.

[20] PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model. International Journal of Project Management, v.29, n.8, p.1091-1102, 2011.

[21] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill, 2000. 422 p.

[22] PYZDEK, T. Selecting six sigma projects. Quality Digest, available at: www.qualitydigest.com/sept00/html/sixsigma.html (accessed 16 March 2005), 2000.

[23] PYZDEK, T. The Six Sigma Project Planner. New York: McGraw-Hill, 2003.

[24] RAY, S.; DAS, P. Six Sigma project selection methodology. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.293-309, 2010.

[25] RAY, S.; DAS, P.; BHATTACHARYA, B. K. Prevention of industrial accidents using Six Sigma approach. International Journal of Lean Six Sigma, v.2, n.3, p.196-214, 2011.

[26] SHARMA, S.; CHETIYA, A. R. Six Sigma project selection: an analysis of responsible factors. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.280-292, 2010.

[27] SNEE, R. D. Six Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, v.1, n.1, p.4-20, 2004.

[28] TKÁC, M.; LYÓCSA, S. On the Evaluation of Six Sigma Projects. Quality and Reliability Engineering International, v.26, p.115-124, 2009.

[29] VOSS, C.; TSIKRIKTSIS, N.; FROHLICH, M. Case research in operations management. International Journal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.195-219, 2002.

ANEXO 1

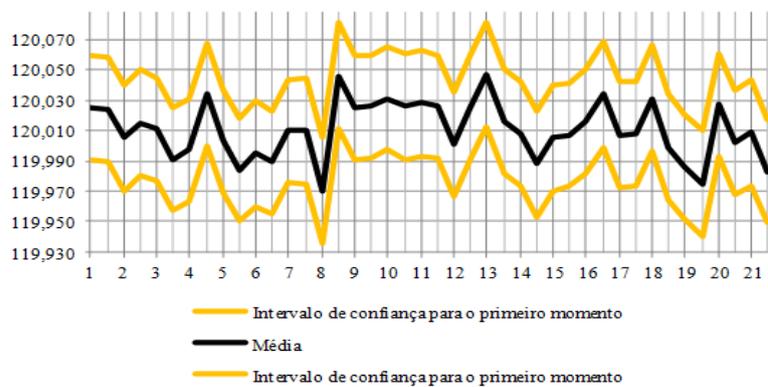



Figura 1 - Intervalos de confiança da média para 42 intervalos de dados de C_{112}
Fonte: Dados da pesquisa

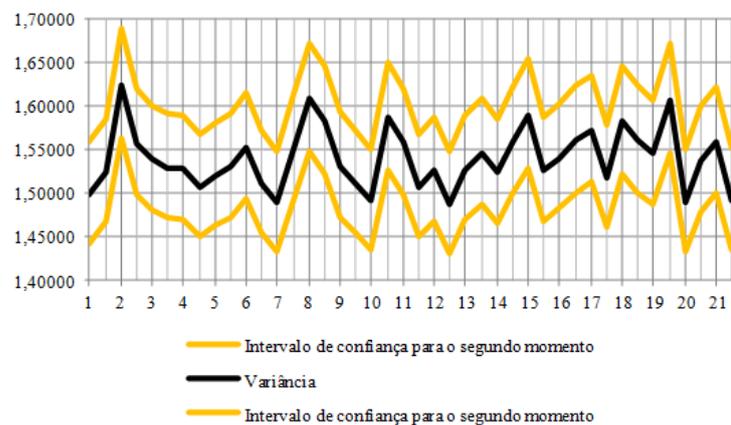



Figura 2 - Intervalos de confiança da variância para 42 intervalos de dados de C_{112}
Fonte: Dados da pesquisa

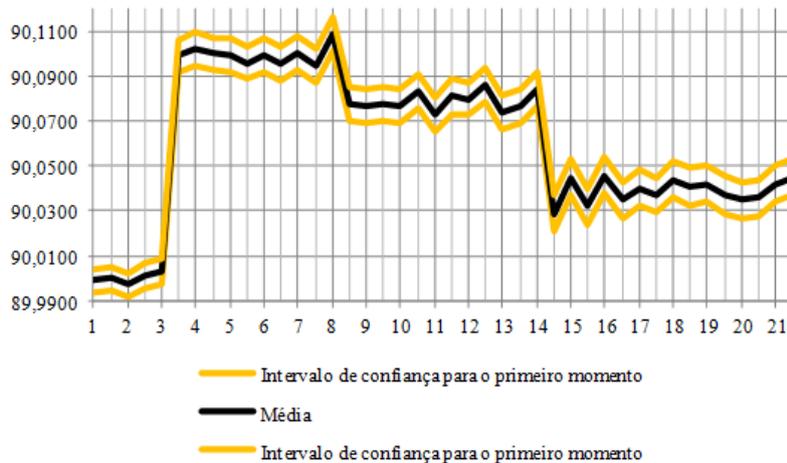



Figura 3 - Intervalos de confiança da média para 42 intervalos de dados de C_{212}

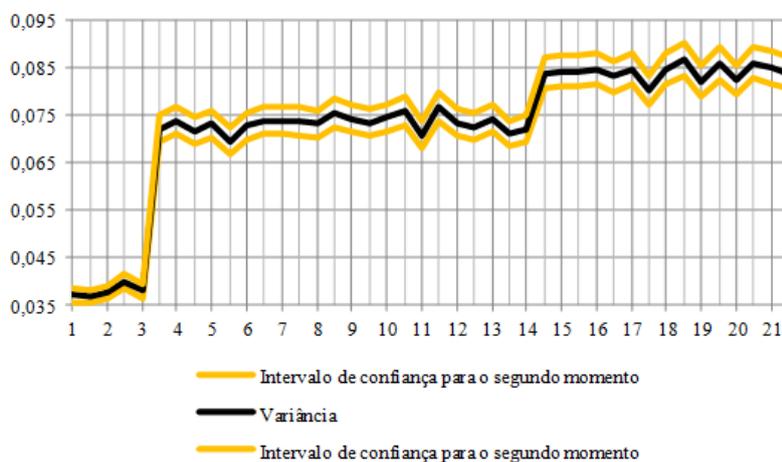



Figura 4 - Intervalos de confiança da variância para 42 intervalos de dados de C_{212}

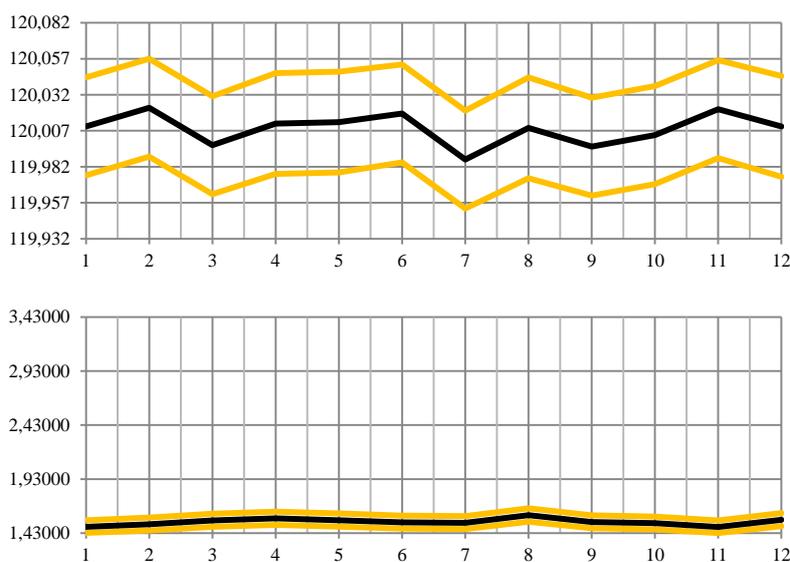



Figura 5 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 7 de C_{112}

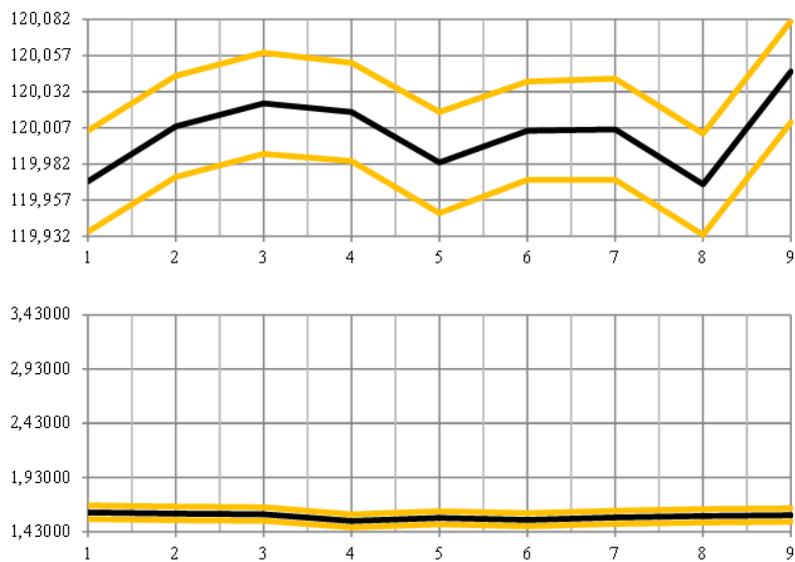



Figura 6 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 8 de C_{112}

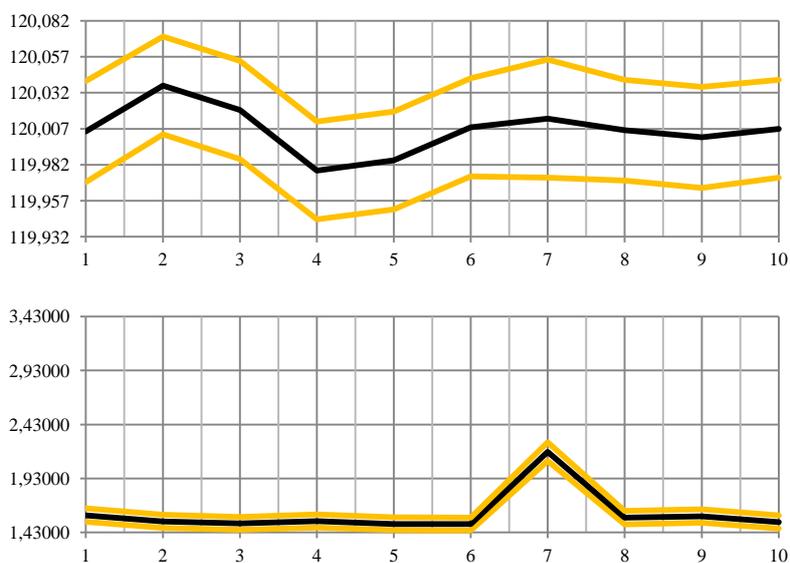



Figura 7 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 15 de C_{112}

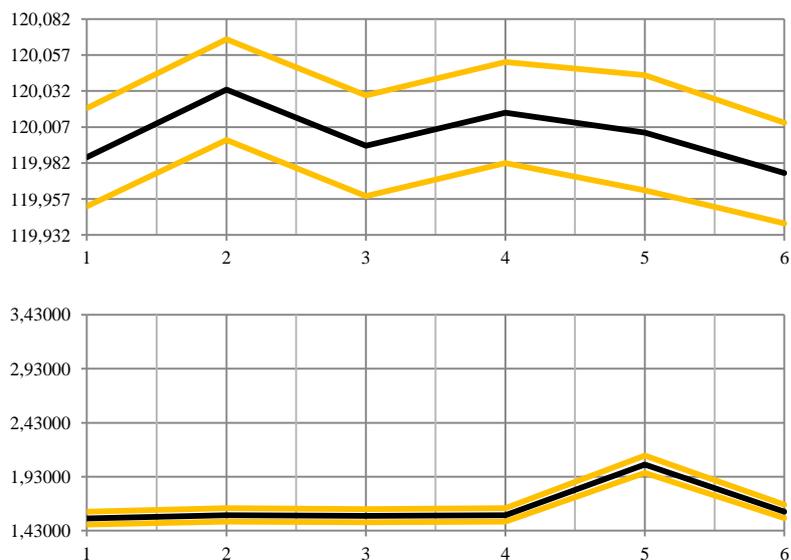



Figura 8 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 15 de C_{112}

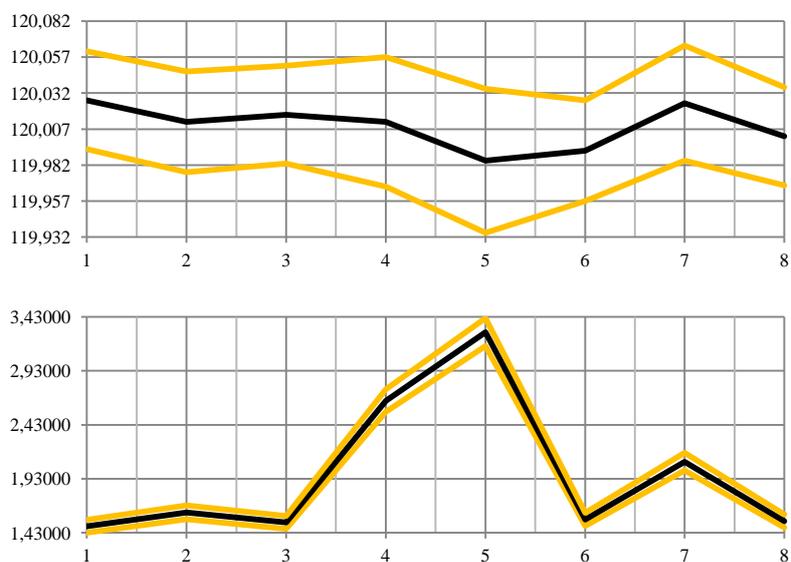



Figura 9 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 20 de C_{112}

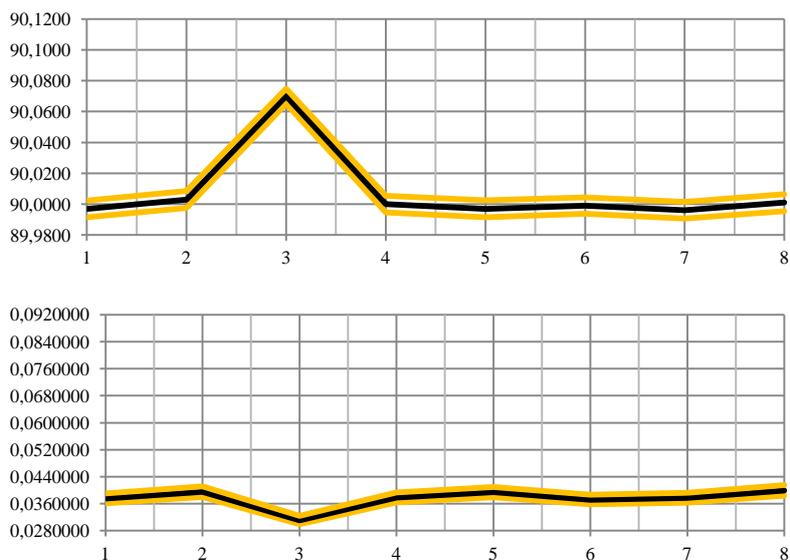



Figura 10 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 2 de C_{212}

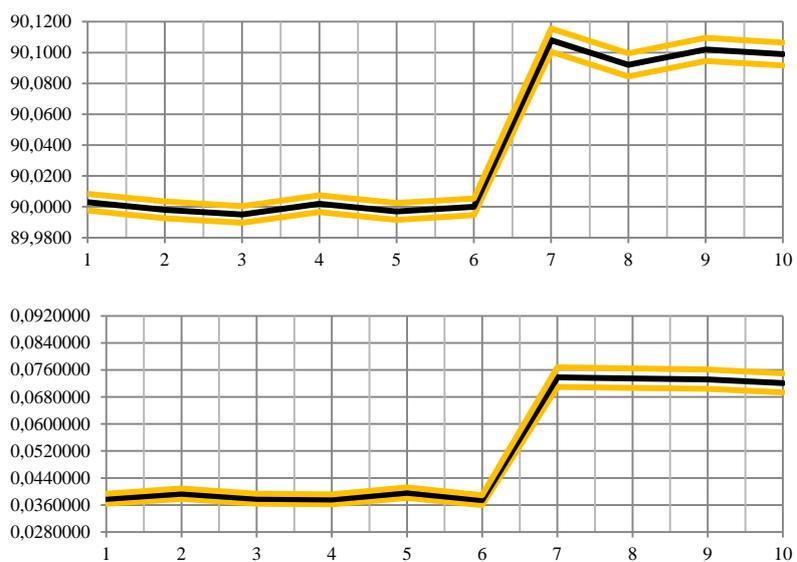



Figura 11 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 3 de C_{212}

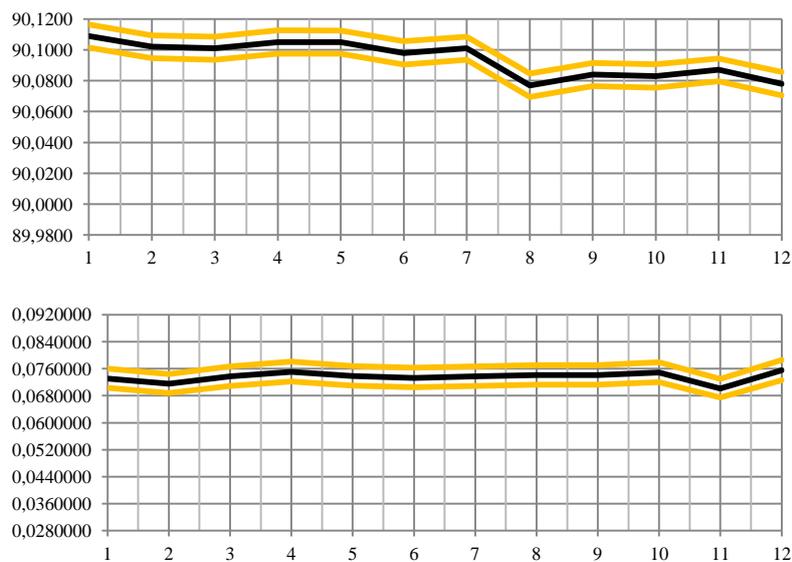



Figura 12 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 8 de C_{212}

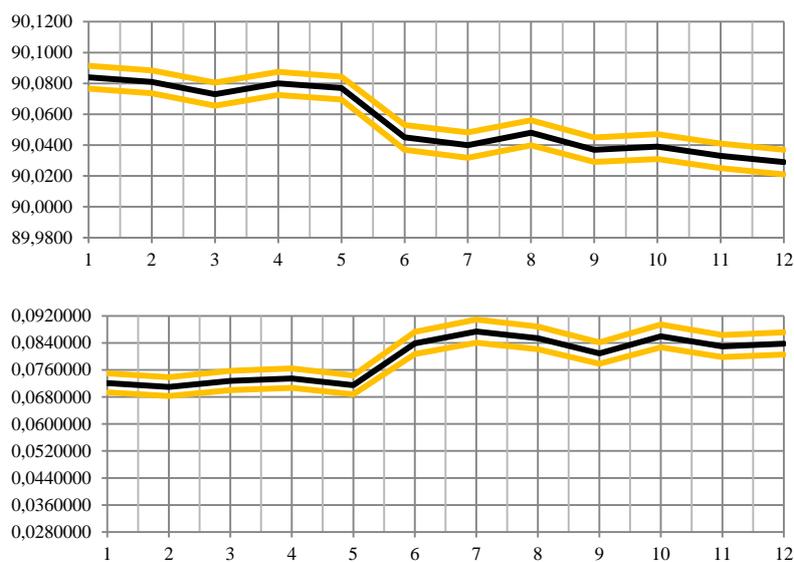



Figura 13 - Intervalos de confiança da média e da variância para o subintervalo 14 de C_{212}

CAPÍTULO 4

Uma pesquisa survey piloto para ampliar o entendimento sobre seleção de projetos Seis Sigma

Cristiano Roos

Resumo: O objetivo neste trabalho de pesquisa é identificar os métodos e as variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma, considerando para isto, uma amostragem de organizações brasileiras. Este trabalho contribui de modo científico para a área e contribuí de modo prático para profissionais que selecionam projetos Seis Sigma em suas atividades laborais. De fato, a seleção de projetos Seis Sigma é um tema ainda não consolidado na literatura qualificada. Para atingir o objetivo, adotou-se como procedimento metodológico a pesquisa exploratória com abordagem quantitativa, tendo sido desenvolvida uma pesquisa do tipo levantamento survey. No total 57 questionários foram analisados. Os questionários foram respondidos por Green Belts que atuam em 57 diferentes organizações brasileiras. A pesquisa foi aplicada quando os profissionais passavam por uma capacitação em uma organização que ministra cursos e treinamentos na área. Após a análise dos questionários, como resultado principal, foi possível identificar que apenas 4% das organizações não utilizam um método matemático para selecionar projetos Seis Sigma e que 46% das organizações utilizam sempre (ou na maioria das vezes) algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma. Também foi possível identificar que os custos do projeto, a duração do projeto, o número de Black e Green Belts e o impacto financeiro (custo da má qualidade) são as variáveis críticas mais utilizadas no processo de seleção de projetos Seis Sigma. Por fim, pode-se concluir que este trabalho cumpriu seus objetivos propostos.

Palavras Chave: Metodologia Seis Sigma, seleção de projeto Seis Sigma,processo de seleção

1. Introdução

Entender como projetos Seis Sigma são selecionados nas organizações é um escopo atualmente importante para pesquisadores da área. Até o ano de 2011 a literatura qualificada apontava como problema a escassez de trabalhos explorando a seleção de projetos Seis Sigma. Desde então, periodicamente artigos começaram a ser publicados trazendo resultados de pesquisas de campo que exploram este tema.

O objetivo neste trabalho de pesquisa é identificar os métodos e as variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma, considerando para isto, uma amostragem de organizações brasileiras. Utilizou-se a pesquisa *survey* como procedimento de pesquisa. Para apresentar os resultados relacionados ao objetivo, este texto foi dividido em seis seções. A próxima seção apresenta uma breve revisão teórica sobre o tema de pesquisa.

2. Revisão teórica

O sistema de gestão Seis Sigma tem sido utilizado por mais de uma década (KUMAR et al., 2008) por organizações de classe mundial como General Electric, Motorola, Honeywell, Bombardier, ABB e Sony, para citar apenas algumas de uma longa lista (ANTONY, 2006), resultando em milhões de dólares de lucro (HILTON e SOHAL, 2012). Na maioria dos casos, uma organização utiliza a estratégia Seis Sigma para alcançar benefícios na lucratividade ou na satisfação do cliente (RAY, DAS, BHATTACHARYA, 2011). De fato, a Metodologia Seis Sigma é uma estratégia de negócio bem conhecida, utilizada para a melhoria da qualidade por meio de um conjunto de métodos estruturados e medidas estatísticas para avaliar e melhorar as operações produtivas das organizações (ANTONY et al., 2012).

O Seis Sigma se tornou conhecido em muitos países devido à sua capacidade em melhorar o desempenho de um processo, reduzir defeitos em produtos e serviços, minimizar a variabilidade em processos, bem como os custos operacionais (KUMAR, ANTONY e CHO, 2009). Esta estratégia resulta em maior satisfação dos clientes e afeta diretamente a lucratividade e a sobrevivência das organizações (SNEE, 2004; ANTONY, KUMAR e MADU, 2005; ANTONY, 2007).

Ao longo destes anos, algumas oportunidades de pesquisa surgiram relacionadas à Metodologia Seis Sigma, motivando o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao tema, como é o caso deste trabalho.

2.1. Processos de seleção de projetos Seis Sigma

Na literatura qualificada defende-se, há quase uma década, que o fator chave para o sucesso da Metodologia Seis Sigma é a seleção de projetos (MANVILLE et al., 2012; SHARMA e CHETIYA, 2010; LAUREANI, ANTONY e DOUGLAS, 2010; TKÁC e LYÓCSA, 2009; KUMAR et al., 2007; BANUELAS et al., 2006). Seleção de projetos é o processo de avaliação de projetos individuais, ou propostos por grupos de pessoas, escolhendo-se qual, ou quais projetos serão implementados para que os objetivos da organização e, em particular, do processo produtivo envolvido, sejam alcançados (PADHY e SAHU, 2011).

Em uma citação a destacar (PADHY e SAHU, 2011), os autores argumentam que a seleção e a priorização de projetos que são desenvolvidos no âmbito do Seis Sigma, em muitas organizações, ainda são baseadas em puro julgamento subjetivo. Em outra citação (KUMAR et al., 2008), os autores argumentam que há uma escassez de literatura sobre seleção de projetos Seis Sigma, um tema que passa despercebido na maioria das organizações. Em uma terceira citação nesta linha (ANTONY, 2006), o autor manifesta-se argumentando que a priorização de projetos Seis Sigma em muitas empresas orientadas a serviços ainda é baseada em julgamento subjetivo.

Selecionar projetos mais adequados para a estratégia Seis Sigma é uma preocupação para o sucesso em curto e em longo prazo dentro de qualquer organização (RAY e DAS, 2010). Neste sentido, a literatura apresenta alguns modelos e métodos para a seleção de projetos Seis Sigma. Por exemplo, em Banuelas et al. (2006), são listados: 1. *Pareto priority index* (PPI), *analytic hierarchy process* (AHP), *quality function deployment* (QFD), *theory of constraints* (TOC) (PYZDEK, 2000; PYZDEK, 2003); 2. *project assessment matrix* (BREYFOGLE, CUPELLO e MEADWS, 2001); 3. QFD (PANDE, NEUMAN e CAVANAGH, 2000); 4. *project selection matrix* (KELLY, 2002); 5. *project ranking matrix* (ADAMS,

GUPTA e WILSON, 2003); 6. *reviewing data on potential projects against specific criteria* (DE FEO e BARNARD, 2004); 7. AHP (DINESH KUMAR et al., 2006).

Assim, está caracterizado o papel crítico do processo de seleção de projetos Seis Sigma, sendo neste sentido a proposta deste trabalho de pesquisa.

2.2. Variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma

Considerando a literatura consultada foi possível verificar alguns resultados de pesquisas que apontam uma série de variáveis críticas a ser considerado em processos de seleção de projetos Seis Sigma. Cabe ressaltar como variáveis críticas: custos do projeto, duração do projeto, número de *Black* e *Green Belts*, satisfação do consumidor, impacto na estratégia organizacional, melhoria no nível sigma (nível de qualidade), impacto financeiro (*cost of poor quality* – COPQ), crescimento da produtividade (KUMAR et al., 2007), sendo a maioria dos critérios probabilísticos por natureza.

Segundo Ray e Das (2010), algumas variáveis críticas de maior interesse podem ser relacionadas aos custos, por exemplo: custo da má qualidade (*cost of poor quality* – COPQ), custo de inventário, custo de produção, custo de transporte, custo de manutenção, custo de serviço, custo de marketing.

Para Sharma e Chetiya (2010), baseados em uma revisão da literatura sobre critérios utilizados na seleção de projetos Seis Sigma, identificaram 17 variáveis que poderiam ter um impacto positivo sobre o projeto. Uma vez que o retorno financeiro de projetos Seis Sigma determina o sucesso ou o fracasso do Seis Sigma em uma organização, algumas variáveis críticas foram identificadas para uma alta probabilidade de sucesso do projeto Seis Sigma.

No entanto, sabe-se que, tradicionalmente (ver referência tradicional: Pande, Neuman e Cavanagh (2000)), a seleção de projetos Seis Sigma precisa ser tratada como um processo relativo à natureza dos dados disponíveis para cada organização e para cada caso em questão (variáveis críticas para cada processo de seleção). Não se pode definir um modelo matemático, ou um método estruturado, aplicável a todos os processos de seleção de projeto Seis Sigma, justamente por este processo ser dependente das variáveis críticas disponíveis.

Apreciando estes aspectos, pode-se verificar a oportunidade de pesquisa que respalda este trabalho, isto é, identificação de métodos e de variáveis críticas utilizadas em processos de seleção de projetos Seis Sigma em organizações brasileiras. Na próxima seção serão apresentados os procedimentos de pesquisa utilizados.

3. Procedimentos de pesquisa

Ao considerar-se a tipologia apresentada em Gil (2002), este trabalho, com base nos objetivos, é classificado em pesquisa exploratória e, com base nos procedimentos técnicos, é classificado em pesquisa do tipo levantamento ou *survey*. A pesquisa *survey* foi conduzida utilizando-se orientações contidas no trabalho de Forza (2002). A abordagem de pesquisa que estabeleceu formas de aproximação aos objetivos é a abordagem quantitativa. As informações metodológicas complementares estão apresentadas na quarta seção deste texto, informações como, por exemplo, amostragem, protocolo e instrumento de coleta de dados.

4. Pesquisa aplicada

A pesquisa *survey* abordou uma amostra de organizações (que utilizam o sistema de gestão Seis Sigma) por meio da coleta de dados de forma individual, via questionário impresso. A amostra desta pesquisa é não probabilística, não casual, pois a escolha dos elementos que compõem a amostra não foi aleatória. Trata-se de uma amostra intencional, de 74 respondentes colaboradores de 57 organizações instaladas no Brasil. Estes respondentes são *Green Belts* nestas organizações. Quando responderam ao questionário, eles participavam de uma capacitação técnica em uma empresa sediada na cidade de São Paulo, que ministra cursos e treinamentos relacionados à estratégia Seis Sigma.

A amostra utilizada nesta pesquisa, portanto, não busca generalizar os resultados para uma população, tratando-se de uma macrofase exploratória que busca analisar qualitativamente o desempenho do

instrumento de coleta de dados, para uma pesquisa posterior mais abrangente do tipo levantamento *survey*, não abordada neste trabalho.

O instrumento de coleta de dados elaborado foi um questionário dividido em três blocos de questões: (i) definições da organização e do respondente; (ii) natureza dos dados; (iii) métodos de seleção de projetos Seis Sigma. Para a elaboração do questionário baseou-se no trabalho de Banuelas et al. (2006). O questionário foi entregue aos respondentes que participavam dos cursos de capacitação. Foi solicitado que estes profissionais respondessem o questionário naquele momento. A taxa de retorno foi de 97%, totalizando os 74 respondentes. No entanto, os questionários dos respondentes que trabalham na mesma organização foram retirados da análise por apresentarem respostas idênticas. Assim, o total de questionários analisados foi de 57 unidades.

Na sequência, as respostas dos questionários foram diretamente tabuladas em planilhas eletrônicas do software Excel da empresa Microsoft. Foi utilizada inicialmente a estatística descritiva para analisar os resultados e, posteriormente, analisaram-se as relações entre as categorias de respostas utilizando o teste de Qui-Quadrado. O resumo dos principais resultados é apresentado na próxima seção deste texto.

5. Resultados da pesquisa *survey*

Neste trabalho os resultados foram resumidos e, assim, vale observar as tabelas de frequência para cada uma das questões aplicadas. As Tabelas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9, apresentam as frequências com que cada resposta foi atribuída em cada questão. Cabe destacar que, quando necessário, explicações e orientações extras eram apresentadas por escrito ao lado da questão proposta ao respondente; estas inserções extras não estão apresentadas neste texto.

Tabela 1 - A organização (ou unidade, ou filial) comercializa (ou produz) predominantemente

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
Bens duráveis	36	63%	63%
Bens não duráveis	14	25%	88%
Serviços	7	12%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 2 - Ano em que a organização (ou unidade, ou filial) concluiu o primeiro projeto Seis Sigma

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
anterior à ou em 2000	8	14%	14%
2001	4	7%	21%
2002	2	4%	25%
2003	4	7%	32%
2004	4	7%	39%
2005	11	19%	58%
2006	9	16%	74%
2007	2	4%	77%
2008	3	5%	82%
2009	6	11%	93%
2010	2	4%	96%
2011	1	2%	98%
2012	1	2%	100%
2013	0	0%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3 - A organização (ou unidade, ou filial) descontinuou quantas vezes a estratégia Seis Sigma

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
0	49	86%	86%
1	6	11%	96%
2	2	4%	100%
3	0	0%	100%
4 ou mais	0	0%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 4 - Em média, quantos projetos Seis Sigma são concluídos por ano

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
0-5	8	14%	14%
6-10	4	7%	21%
11-15	8	14%	35%
16-20	20	35%	70%
21-25	5	9%	79%
26-30	3	5%	84%
31-35	4	7%	91%
35 ou mais	5	9%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 5 - Em média, quantos projetos Seis Sigma são elaborados por ano

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
0-5	0	0%	0%
6-10	1	2%	2%
11-15	1	2%	4%
16-20	2	4%	7%
21-25	1	2%	9%
26-30	6	11%	19%
31-35	5	9%	28%
35 ou mais	41	72%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 6 - A organização (ou unidade, ou filial) utiliza algum método de seleção de projetos Seis Sigma

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
Sim, todas às vezes	55	96%	96%
Sim, na maioria das vezes	2	4%	100%
Sim, na minoria das vezes	0	0%	100%
Não	0	0%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 7 - A organização (ou unidade, ou filial) utiliza algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
Sim, todas as vezes	9	16%	16%
Sim, na maioria das vezes	17	30%	46%
Sim, na minoria das vezes	29	51%	96%
Não	2	4%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 8 - Nesta organização (ou unidade, ou filial) um novo método de seleção de projetos Seis Sigma é uma necessidade atual

Resposta	Frequência	%	% Acumulada
Sim, para todos os casos	4	7%	7%
Sim, para a maioria dos casos	14	25%	32%
Sim, para a minoria dos casos	37	65%	96%
Não	2	4%	100%
Total	57	100%	

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 9 - Variáveis mais utilizadas na seleção de projetos Seis Sigma na organização (ou unidade, ou filial)

Resposta	Frequência	%
Custos do projeto	57	100%
Duração do projeto	56	98%
Número de *Black Belts*	54	95%
Número de *Green Belts*	52	91%
Satisfação do consumidor	48	84%
Impacto na estratégia organizacional	35	61%
Melhoria no nível sigma	32	56%
Impacto financeiro (custo da má qualidade)	50	88%
Crescimento da produtividade	22	39%
Outras	6	11%
Não respondeu	2	4%
Total	414	

Fonte: Dados da pesquisa

Em um momento seguinte passou-se a analisar as relações entre as categorias de respostas utilizando o teste de Qui-Quadrado. O teste de Qui-Quadrado mostra se existem relações significativas entre as categorias de questões, e isto quando a significância do teste (p) for igual ou menor a 0,05. Adicionalmente, em alguns cruzamentos, foi necessário agrupar categorias de respostas em função do excesso de zeros em posições

das tabelas utilizadas nos testes. Como resultado de todos os testes realizados, nenhum cruzamento mostrou significância estatística.

Um resultado a destacar na pesquisa é: no período dos anos de 2005 a 2006 teve-se o maior número de organizações efetivamente obtendo os primeiros resultados com a estratégia Seis Sigma, 35% da amostra. Outro resultado a destacar é: oito organizações descontinuaram a estratégia Seis Sigma por certo período. De fato, esta questão foi inserida apenas para verificar uma possível corelação com outras questões. Pelo número médio de projetos Seis Sigma que são concluídos por ano, pode-se verificar que a maioria das organizações que fazem parte da amostra é de médio e grande porte, pois a maior frequência é de 16 a 20 projetos concluídos por ano.

Vale ainda ressaltar que as organizações elaboram um número médio maior de projetos por ano do que o número médio de projetos concluídos por ano. Isto mostra que as organizações necessitam de algum modo, selecionar alguns projetos de um portfólio. Isto foi confirmado com outra questão que apontou que 96% da amostra utilizam algum método de seleção de projetos Seis Sigma em todas às vezes.

Algumas variáveis foram identificadas como críticas no processo de seleção de projetos Seis Sigma nestas 57 organizações brasileiras, em sua maioria, produtoras de bens de consumo duráveis e não duráveis, sendo estes resultados abordados nas conclusões deste trabalho.

6. Considerações finais

Neste trabalho verificou-se que, para a amostra considerada, apenas 4% das organizações não utilizam um método matemático para selecionar projetos Seis Sigma e que 46% das organizações utilizam sempre (ou na maioria das vezes) algum método matemático para selecionar projetos Seis Sigma. De modo análogo, foi possível identificar que os custos do projeto (100%), a duração do projeto (98%), o número de *Black* e *Green Belts* (95% e 91%) e o impacto financeiro (custo da má qualidade) (88%) são as variáveis críticas (mais utilizadas) no processo de seleção de projetos Seis Sigma.

As demais variáveis críticas colocadas como opções foram menos assinaladas pelos respondentes. Um dado relevante é que apenas 6 respondentes assinalaram a opção “Outras” variáveis, mostrando que de fato as variáveis selecionadas para o questionário são as mais utilizadas. Com isto, o que se pode afirmar com este trabalho é que existe uma necessidade significante de um novo processo de seleção de projetos Seis Sigma, claro, considerando-se esta amostra.

Em relação aos objetivos deste trabalho pode-se concluir que foram alcançados. Como melhorias nos processos de seleção de projetos Seis Sigma, sugere-se, a partir das variáveis identificadas, que um modelo matemático considere prioritariamente estas variáveis, podendo este modelo matemático ser útil para uma série de organizações brasileiras.

Importante destacar ainda é a análise qualitativa do desempenho do instrumento de coleta de dados: pode-se concluir que o questionário apresentou um desempenho satisfatório, respondendo as questões inicialmente propostas. A limitação principal deste trabalho é a amostra reduzida de 57 respondentes de 57 organizações.

De fato, não foi possível elaborar uma pesquisa com maior rigor estatístico no que tange às inferências da amostra na população. Na realidade, cabe destacar que no Brasil tem-se uma dificuldade em identificar um banco de dados atualizado que tenha informações de organizações que utilizam a estratégia Seis Sigma, portanto a respectiva população é desconhecida e difícil de ser estimada.

De todo modo, ainda que a pesquisa forneça evidências sobre os processos de seleção de projetos Seis Sigma nestas organizações, sabe-se que são resultados limitados a uma amostra não probabilística. Futuras pesquisas podem objetivar uma investigação na mesma linha utilizando-se um banco de dados maior e atualizado de organizações brasileiras que utilizam o sistema de gestão Seis Sigma.

Referências

[1] ADAMS, C.; GUPTA, P.; WILSON, C. Six Sigma Deployment. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2003.

[2] ANTONY, J. et al. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.31-53, 2012.

[3] ANTONY, J. Is six sigma a management fad or fact? Assembly Automation, v.27, n.1, p.17-19, 2007.

[4] ANTONY, J. Six sigma for service processes. Business Process Management Journal, v.12, n.2, p.234-248, 2006.

[5] ANTONY, J.; KUMAR, M.; MADU, C. N. Six sigma in small- and medium-sized UK manufacturing enterprises: some empirical observations. International Journal of Quality & Reliability Management, v.22, n.8, p.860-874, 2005.

[6] BANUELAS, R. et al. Selection of six sigma projects in the UK. The TQM Magazine, v.18, n.5, p.514-527, 2006.

[7] BREYFOGLE, F.; CUPELLO, J.; MEADWS, B. Managing Six Sigma. New York: Wiley Inter-science, 2001.

[8] DE FEO, J.; BARNARD, W. Juran institute's six sigma breakthrough and beyond: Quality Performance Methods. New York: McGraw-Hill, 2004.

[9] DINESH KUMAR, U. et al. Reliability and Six Sigma. Berlin: Springer, 2006.

[10] FORZA, C. Survey research in operations management: a process-besead perspective. International Jornal of Operations & Production Management, v.22, n.2, p.152-194, 2002.

[11] GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

[12] HILTON, R. J.; SOHAL, A. A conceptual model for the successful deployment of Lean Six Sigma. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.54-70, 2012.

[13] KELLY, M. Three steps to project selection. ASQ Six Sigma Forum Magazine, v.2, n.1, p.29-33, 2002.

[14] KUMAR, M. et al. Common myths of six sigma demystified. International Journal of Quality & Reliability Management, v.25, n.8, p.878-895, 2008.

[15] KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. Business Process Management Journal, v.15, n.5, p.669-686, 2009.

[16] KUMAR, U. D. et al. Six sigma project selection using data envelopment analysis. The TQM Magazine, v.19, n.5, p.419-441, 2007.

[17] LAUREANI, A.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Lean six sigma in a call centre: a case study. International Journal of Productivity and Performance Management, v.59, n.8, p.757-768, 2010.

[18] MANVILLE, G. et al. Critical success factors for Lean Six Sigma programmes: a view from middle management. International Journal of Quality & Reliability Management, v.29, n.1, p.7-20, 2012.

[19] PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model. International Journal of Project Management, v.29, n.8, p.1091-1102, 2011.

[20] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill, 2000. 422 p.

[21] PYZDEK, T. Selecting six sigma projects. Quality Digest, available at: www.qualitydigest.com/sept00/html/sixsigma.html (accessed 16 March 2005), 2000.

[22] PYZDEK, T. The Six Sigma Project Planner. New York: McGraw-Hill, 2003.

[23] RAY, S.; DAS, P. Six Sigma project selection methodology. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.293-309, 2010.

[24] RAY, S.; DAS, P.; BHATTACHARYA, B. K. Prevention of industrial accidents using Six Sigma approach. International Journal of Lean Six Sigma, v.2, n.3, p.196-214, 2011.

[25] SHARMA, S.; CHETIYA, A. R. Six Sigma project selection: an analysis of responsible factors. International Journal of Lean Six Sigma, v.1, n.4, p.280-292, 2010.

[26] SNEE, R. D. Six Sigma: the evolution of 100 years of business improvement methodology. International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage, v.1, n.1, p.4-20, 2004.

[27] TKÁC, M.; LYÓCSA, S. On the Evaluation of Six Sigma Projects. Quality and Reliability Engineering International, v.26, p.115-124, 2009.

CAPÍTULO 5

GESTÃO DE PROJETOS ATRAVÉS DO DMAIC

Fabricia Vieira Ramos
Claudio Baesso Lopes
Natalia Ferreira da Silva
Tatiana Goncalves Pereira

Resumo: Alcançar a qualidade esperada em um projeto não é uma atividade simples. Na Gestão de projetos é de suma importância conhecer ferramentas de controle e monitoramento que propiciem que um projeto seja gerido com eficiência, atendendo ao escopo planejado e sendo executado dentro do cronograma e do orçamento. Este trabalho objetiva apresentar a metodologia de gestão de projetos DMAIC, proposta pelo Método Seis Sigma para solução de problemas, sob a visão de diferentes estudiosos. Dessa forma, a metodologia de pesquisa utilizada foi a de revisão bibliográfica. Devido à suposta semelhança entre o DMAIC e o ciclo PDCA, foi feito um estudo de comparação desses dois métodos, a fim de apresentarmos seus pontos comuns, bem como suas divergências. Conclui-se que a utilização da metodologia DMAIC é importante para a adoção de uma abordagem científica estruturada no gerenciamento de projetos, permitindo alcançar seus objetivos de forma organizada, multidisciplinar e econômica.

Palavras Chave: Gestão de Projetos, Seis Sigma, DMAIC, PDCA

1. Introdução

Gerenciar projetos com eficiência é um fator crítico para o sucesso e para a sobrevivência das empresas no mercado. Trata-se de um grande desafio nos dias atuais e requer grande esforço em adotar metodologias de gerenciamento de projetos.

Uma dessas metodologias abordadas é o programa Seis Sigma que surgiu nos anos 80 na empresa americana Motorola como uma tentativa de melhoria da qualidade. Através do Seis Sigma pôde-se perceber claramente as medidas a serem tomadas na empresa, incluindo os esforços humanos em reduzir variações em todos os processos, como os de manufatura e administrativos, entre outros.

Estudos recentes demonstram que empresas que adotaram programas de qualidade, como o Seis Sigma, obtiveram grande sucesso tanto em termos de seus indicadores de qualidade como em relação à imagem da instituição (WILSON et al. 2003 apud CARVALHO *et al.*, 2008).

O programa Seis Sigma é composto pelos métodos Definir-mensurar-analizar-planejar-verificar (DMADV) que é empregado ao design de novos produtos (bens/serviços) ou um modelo simples de melhoria para produtos já existentes conhecido como Definir-Mensurar-Analisar-Incrementar-Controlar (DMAIC) (CARVALHO *et al.*, 2007). O DMAIC é comparável ao método de *Total Quality Management* (TQM), definido como Planejar-Executar-Controlar-Agir (PDCA). (PYZDEK, 2003).

Todo projeto possui início, meio e fim. O gerenciamento desse esforço temporário desenvolve-se em cinco fases: Iniciação, Planejamento, Execução, Monitoramento e Controle e Encerramento. O DMAIC será utilizado na quarta fase, em que acontece a medição e o monitoramento do desempenho do projeto, ou seja, essa é a etapa em que se deve garantir que os objetivos do projeto sejam alcançados através do monitoramento e medição regular do progresso das atividades, de modo que ações corretivas possam ser tomadas quando necessário.

Na realização deste trabalho a metodologia utilizada foi baseada em uma revisão de literatura relacionada ao tema com o objetivo de apurar informações a respeito dos modelos de Programas Seis Sigma, DMAIC e PDCA, identificando aspectos comuns e diferenças entre os mesmos, bem como identificando pontos de vista de vários autores e analisando a contribuição desses estudiosos para a área de Engenharia de Produção.

2.1. Gerenciamento de projetos

De acordo com *Project Management Institute* (PMI), o gerenciamento de projetos pode ser definido como "uso de conhecimentos, habilidades, ferramentas e técnicas com a finalidade de suprir as necessidades e expectativas do empreendedor com relação a um projeto." (GUIA PMBOK/PMI, 2004, p. 06).

Um projeto é único, pois pode ser conforme ao produto gerado, ao cliente do projeto, os envolvidos, a sua localização ou qualquer outro fator, tornando-o assim, diferente de operações regulares de uma empresa. Além disso, tem um objetivo claro a ser alcançado.

As atividades relacionadas com a qualidade são essenciais para o sucesso de qualquer projeto. Existem muitos ciclos de melhoramento usados na gestão de projetos, sendo os dois mais usados o PDCA e o DMAIC.

No guia *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK), qualidade do projeto é definida como "o grau até o qual um conjunto de características inerentes satisfaz as necessidades".

Segundo o PMI, "um projeto com qualidade é aquele concluído em conformidade com os requisitos, especificações e adequação ao uso". Alcançar a qualidade não é uma atividade simples, requer planejamento e controle. (GUIA PMBOK/PMI, 2004).

2.2. Seis Sigma

Segundo Harry e Schoroeder (2000), o método Seis Sigma nasceu e se desenvolveu nos anos de 1980 na empresa Motorola, no entanto, a temática do Seis Sigma foi mencionada por Philip Crosby em 1979 em seu livro *Quality is Free*, onde contribuiu para a gestão da qualidade com o conceito do "zero defeito", filosofia a qual é adotada pelo Seis Sigma.

A Motorola deu origem ao programa Seis Sigma para sobreviver ao mercado, pois estava desatualizada em relação aos concorrentes estrangeiros que conseguiam vender produtos de melhor qualidade a custos inferiores.

Na década de 1970, uma empresa japonesa assumiu o comando de uma fábrica da Motorola que produzia os televisores Quasar nos Estados Unidos, eles modificaram a forma de operar. Com essa nova administração, logo de inicio a produção de televisores defeituosos reduziu a um vigésimo do número de defeitos da época em que era gerenciada pela Motorola. Essa melhoria foi alcançada utilizando a mesma tecnologia, a mesma força de trabalho e os mesmos projetos, deixando claro que o problema era o gerenciamento em si. Logo, em 1987, a Motorola lançou o conjunto de ações de melhorias chamado de programa Seis Sigma. (HARRY; SCHOROEDER, 2000).

De acordo com Klefsjö *et al*. (2010), entre 1987 a 1997, a Motorola desenvolveu um crescimento de cinco vezes em suas vendas, com lucros próximos de 20% ao ano, suas ações obtiveram um crescimento anual de 21,3% e desta forma, aglomerando economias de 14 bilhões de dólares. Devido a isso, outras empresas se interessaram no programa e começaram a desenvolver essa metodologia, como por exemplo, a General Electric que economizou mais de 1 bilhão de dólares num período de 2 anos.

O Sigma (Σ) é uma letra do alfabeto grego utilizada pelos estatísticos para mensurar a variância em qualquer processo, ou seja, é utilizada para expressar a capacidade de um processo, isto é, a habilidade deste de produzir produtos não-defeituosos. O desempenho de uma empresa é medido pelo nível sigma de seus processos empresariais.

De acordo com Pyzdek (2003, p. 04):

Tradicionalmente, as empresas aceitavam níveis de desempenho de 3-Sigma ou 4-Sigma como normais, apesar de saberem que esses processos criam entre 6,2 mil e 67 mil problemas por milhão de oportunidades. O padrão 6-Sigma propõe um padrão de 3,4 problemas por milhão de oportunidades, sendo uma resposta ao aumento do nível de expectativa dos clientes e à crescente complexidade dos produtos e processos modernos.

Para Werkema (2002, apud Matos 2003, p. 23):

O sucesso e a consolidação da cultura Seis Sigma na organização, bem como a obtenção de resultados significativos em tempos adequados depende da escolha de um bom projeto. As principais características a serem consideradas para a seleção de um bom projeto são: (*i*) o alinhamento com as metas estratégicas da empresa; (*ii*) propiciar aumento da satisfação do cliente; (*iii*) apresentar uma boa chance de conclusão no prazo estabelecido; (*iv*) garantir uma melhoria no desempenho da organização, compatível com o porte e tipo de negócio da empresa; (*v*) quantificação precisa, por meio de métricas adequadas, da situação atual e dos resultados a serem alcançados com o projeto e (*vi*) comprometimento por parte da alta administração da empresa e dos demais gestores envolvidos.

Geralmente, as empresas que almejam implantar os programas de melhoria da qualidade já possuem algum método ou ferramenta em desenvolvimento, como o 5S ou até mesmo algo mais bem estruturado como uma certificação ISO. (CARVALHO *et al*, 2008).

Para Pyzdek (2003, p. 03) "uma empresa sabe se precisa do Seis Sigmas quando os clientes se queixam da qualidade dos produtos ou serviços." Neste caso, a avaliação da empresa faz-se necessário quanto à: perda de mercado, gastos excessivos, maiores perdas por devolução de produto na garantia; faturas não pagas no vencimento devido a reclamações de clientes; peças defeituosas recebidas de fornecedores, dentre outros.

Conforme Penczkoski *et al.* (2008), para implantar o programa Seis sigma, analisa-se uma determinada falha através de dados, realizando-se em seguida o tratamento estatístico. Desta forma, aplica-se o cálculo de variação da falha, no qual concebe o desvio padrão da amostra, que é representado pela letra grega "sigma". Sendo assim, qualquer defeito/falha correlaciona-se ao cálculo do número de erros e verifica-se o desvio padrão.

Com base nas análises dos desvios padrão, foi desenvolvida uma tabela de conversão dos seis sigma representa na tabela 01.

Tabela 01 – Tabela simplificada de Conversão em sigma

Se seu rendimento é...	Seu DPMO é...	Seu Sigma é...
30,9%	690.000	1,0
69,2%	308.000	2,0
93,3%	66.800	3,0
99,4%	6.210	4,0
99,98%	320	5,0
99,9997%	3,4	6,0

Fonte: Adaptado de Pande et al. (2001, p.31)

Segundo Pande *et al.* (2001), o programa Seis Sigma trata-se de um método de análise estatística, que garante a melhoria de produtos e processos. "A análise estatística dos defeitos/falhas é o principal dado de "trabalho" do programa. É através deste que os gestores vão determinar os setores de defeitos/falhas. Sendo defeitos relacionados a produtos e falhas a processos/serviços" (PENCZKOSKI *et al.* 2008, p. 02).

Os Defeitos Por Milhão de Ocorrências (DPMO) e o sigma referente, são obtidos em função da variação percentual do rendimento. É possível observar que o grau de rendimento dos Seis Sigma é muito alto, sendo um nível difícil de alcançar. Sendo que até 1992, a própria Motorola não tinha alcançado o nível 6σ, devido a taxa que já era de 35 por milhão naquele ano, no entanto, em 1986 a taxa era de 6 mil defeitos por milhão. (GREEN, 1995, apud PENCZKOSKI *et al.*,2008).

Martens (2001) afirma que Seis Sigma é um método que obedece a uma lógica, sequência e estrutura para implementar projetos de melhoria contínua. Sendo uma ótima filosofia para a excelência operacional.

Para Pyzdek (2003, p. 04), o programa Seis Sigma é a "implementação rigorosa, concentrada e altamente eficaz de princípios e técnicas comprovadas de qualidade. Incorporando outros elementos da qualidade, essa ferramenta busca o desempenho livre de erros."

O programa Seis Sigma tem como objetivo a promoção de mudança de pensamento da organização em todos os seus processos, serviços e interesses. (HOLTZ; CAMPBELL, 2003).

Porém, ele não apresenta soluções imediatas, uma vez que necessita da coleta de dados a serem analisados estatisticamente e esse é um dos principais pontos em que as dificuldades para implantação começam a surgir.

Conforme Antony e Banuelas (2002), os fatores críticos de sucesso da implantação do programa, em ordem de importância são:

a) Engajamento da gerência;
b) Compreensão da metodologia,
c) Método e ferramentas do Seis Sigma;
d) Aplicar Seis Sigma na estratégia de negócios;
e) Utilizar Seis Sigma com os consumidores;
f) Seleção, revisão e continuidade do projeto;
g) Infraestrutura organizacional;
h) Mudança de pensamento;
i) ix) Desenvolturas para gerenciamento de projeto;
j) Empregar Seis Sigma com os fornecedores;
k) Treinamento;
l) Empregar Seis Sigma nos funcionários (envolvimento dos Recursos Humanos).

Contudo, a implementação do Seis Sigma requer muito mais que comprometimento da gestão, esta por sua vez necessita do entendimento e engajamento de toda a equipe com o intuito de melhorar o processo.

O Gerenciamento de projeto tem como proposta de melhoria da qualidade a abordagem das ferramentas que promovem uma melhoria contínua através dos métodos utilizados, neste contexto será abordado o método DMAIC.

2.3. A metodologia DMAIC

O Programa Seis Sigma tem como visão o aperfeiçoamento do processo através da correta coleta dos dados que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas, relacionando as técnicas estatísticas com as ferramentas da qualidade, seguindo um caminho lógico, utilizando o método científico DMAIC, obtendo-se ganhos efetivos, tanto em qualidade quanto em custos.

O ciclo DMAIC é uma variante do Seis Sigma para processos e é fundamentado na ISO 9000 e no TQM (*Total Quality Management*). Está baseada no uso de ferramentas estatísticas, juntamente com diversas ferramentas de controle da qualidade. (RECHULSKI; CARVALHO, 2003).

A metodologia de solução de problemas DMAIC é um conjunto ordenado das seguintes etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyse* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar), que juntas promovem uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da grande parte dos projetos Seis Sigma. (ANDRIETTA; MIGUEL, 2007).

A figura 01 representa o ciclo DMAIC e os objetivos simplificados de cada etapa desse método.

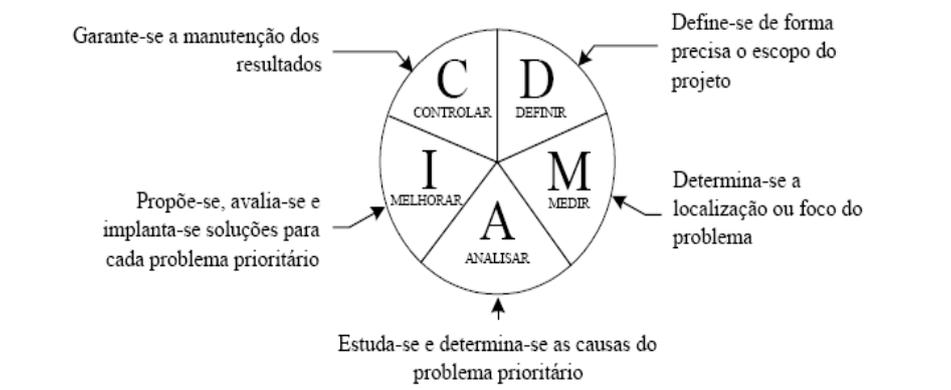



Figura 01 – Método DMAIC
Fonte: adaptado de (Pande 2001; Werkema, 2001 apud Franz e Caten, 2003, p. 02)

O método DMAIC se encaixa na fase de controle do projeto, onde estão os processos que asseguram que os objetivos do projeto ou da fase do projeto estejam sendo atingidos. Eles monitoram e avaliam o progresso e tomam ações corretivas.

Esse método é dividido em cinco fases bem definidas, conforme quadro 01 a seguir:

Quadro 01 - Fases do DMAIC e suas características.

Fases do DMAIC	Características
Definição	Análise das expectativas do cliente em que são identificadas as etapas e os produtos do processo, ou seja, define de forma precisa o escopo do projeto.
Medição	Mensurar para obter informações a fim de executar o mapa de processo e elaborar a matriz de causa e efeito, determinando o foco do problema.
Análise	Identificar o desempenho em relação à meta estabelecida, detectando os possíveis gargalos do processo. Fase necessária ao uso de software estatístico para a realização de cálculos e gráficos que permite conhecer as não conformidades dos processos e as suas variações.
Melhoria	Desenvolver soluções para intervir no processo reduzindo significativamente os níveis de defeitos.
Controle	Controlar e monitorar o processo para manter os resultados obtidos.

Fonte: Próprios Autores.

Rechulski e Carvalho (2003) afirmam que, as ferramentas de qualidade utilizadas na análise estatística do DMAIC são: QFD, matriz de causa e efeito, MAS, mapa de processo, teste

de hipótese e aderência, ANOVA e análise multivariada, FMEA, DOE, estudos de capacidade, CEP, planos de controle, poka yoke dentre outras.

Já para Pyzdek (2003, p. 02), além das ferramentas habituais da qualidade, o arsenal inclui: “desenho/redesenho de processos; análise de variância; projeto de experimentos; controle estatístico de processos; análise de modos e efeitos das falhas; *benchmarking.*”

Ainda de acordo com Rechulski e Carvalho (2003, p. 03):

A metodologia DMAIC não prevê retroalimentação, ou seja, um projeto bem aplicado não deve em nenhum momento retornar às fases anteriores. Se o resultado financeiro do projeto não for o esperado ou se o número de defeitos voltar a subir, é porque não houve uma correta priorização das variáveis de entrada. A melhoria contínua não é feita revisando projetos já concluídos, mas aplicando a metodologia DMAIC para outros projetos ligados ao mesmo processo. Um outro projeto trabalhará com as outras variáveis não melhoradas no projeto anterior, para buscar reduzir ainda mais a taxa de defeitos. Conseqüentemente, um processo pode não atingir performance Seis Sigma com um único projeto, demandando sucessivos projetos até que todas as variáveis sejam contempladas.

A metodologia DMAIC não possibilita um retorno no processo em que foi aplicado e sim aplicação do método em projetos ligados ao mesmo. De forma contrária, o PDCA é um método totalmente retroalimentado que é de grande importância na gestão de projeto.

2.4 DMAIC x PDCA

Segundo Aguiar (2002), os métodos mais utilizados para a solução de problemas nos programas de melhoria da qualidade são o PDCA e o DMAIC.

Muito utilizado na Engenharia de Produção, o PDCA é composto de um ciclo de atividades e muito conhecido pela maioria das organizações que possuem uma iniciativa de Melhoria Contínua dentro do seu Sistema de Gestão. O grande foco é a resolução dos problemas de qualidade das organizações. Ele incorpora a disciplina do método para as iniciativas de melhoria de processos, assim como introduziu as 7 ferramentas básicas da qualidade que são: Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, Lista de verificação, Histograma, Diagrama de Dispersão, Gráfico Linear e Carta de Controle.

Segundo Pyzdek (2003, p. 05), o DMAIC é “um modelo simples de melhoria de desempenho [...] análogo ao método de TQM conhecido como PDCA”. O “DMAIC foi desenvolvido com base no PDCA e, assim como este, pode tomar formatos diferentes dependendo da sua utilização” (ROTONDARO, 2002; AGUIAR, 2001, apud FRANZ E CATEN, 2003, p. 01).

O diferencial do DMAIC em relação ao PDCA é a grande importância dada ao planejamento dos projetos, antes de qualquer execução das ações. Comparando os dois modelos é possível nivelar a etapa Definir do DMAIC com a etapa Identificação do problema no PDCA, já que ambos são destinados à identificação dos problemas que são críticos para a empresa.

As etapas Medir e Analisar do DMAIC podem ser equiparadas com a etapa Plano do PDCA, pois são etapas de observação do problema e que analisam o fenômeno e o processo. A etapa Analisar pode ser utilizada com a finalidade de identificar os pontos críticos no projeto.

A etapa Melhorar do DMAIC permeia as etapas: Plano, Execução e Verificação ao PDCA. Mas, não é totalmente contemplativa no se refere à utilização de ferramentas estatísticas e da qualidade que mantenham a efetividade das melhorias.

A etapa Controlar do DMAIC assemelha-se as etapas Controlar e Agir do PDCA no aspecto relacionado à avaliação do desempenho, sua eficácia e sua melhoria contínua. No entanto o que difere o DMAIC do PDCA é quando não há comprovação da eficácia da melhoria, pois no DMAIC deverão ser retomadas as etapas que obtiveram falhas quanto a sua execução e no PDCA é proposto que todas as etapas de método sejam revistas.

Para melhor compreensão da correlação das fases dos métodos PDCA e DMAIC, no Quadro 02 é possível verificar cada etapa.

Quadro 02 – PDCA x DMAIC

<table>
<tr><th>PDCA</th><th>DMAIC</th><th>Descrição</th></tr>
<tr><td rowspan="2">Planejar</td><td>Definir, Medir e Analisar</td><td>Identificação e observação dos problemas que analisam o fenômeno e o processo.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Melhorar</td><td rowspan="3">Permeia as três etapas do PDCA, porém o DMAIC utiliza ferramentas estatísticas e da qualidade com o objetivo do melhoramento contínuo.</td></tr>
<tr><td>Executar</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Controlar</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Controlar</td><td rowspan="2">Assemelha-se no que se refere a avaliação de desempenho, eficácia e melhoria contínua. No entanto, o DMAIC retoma às falhas de execução, já o PDCA revisa todas as etapas.</td></tr>
<tr><td>Agir</td></tr>
</table>

Fonte: próprios autores

Segundo Pande (2001, apud Franz e Caten, 2003), caso a empresa não tenha desenvolvido nenhum método para a prática de projetos de melhoria ou se o método utilizado não obteve engajamento dos funcionários, então o DMAIC pode apresentar algumas vantagens, conforme visto a seguir:

a) Ao adotar um novo método para a análise e solução de problemas a empresa demonstra que aprendeu com as falhas ocorridas nos modelos adotados no passado e ainda, que está disposta a apostar num caminho novo e aperfeiçoado para o aumento da sua performance de qualidade;
b) Apresentando-se um novo modelo de melhoria as pessoas adquirem a oportunidade de aprenderem e praticarem o uso de ferramentas conhecidas sob uma nova lógica;
c) Em função da ampla propagação de diferentes programas voltados para qualidade nas duas últimas décadas algumas organizações acabaram por assumir diferentes modelos de melhoria. Um método e um vocabulário comuns podem ajudar à organização a usufruir mais eficientemente as vantagens provindas de um programa Seis Sigma;
d) No DMAIC a validação do que é crítico para o atendimento das necessidades do cliente é um passo no qual é dada grande importância dentro da etapa Definir, o que não era enfaticamente salientado em antigos modelos de qualidade. A medição no DMAIC, por sua vez, é apresentada mais como um esforço fundamental, contínuo, do que simplesmente como uma tarefa. (PANDE 2001, apud FRANZ E CATEN, 2003, p. 07).

De forma simplificada pode-se dizer que o DMAIC é um PDCA com um foco maior na fase de investigação das causas raízes de variação nos processos. Enquanto o PDCA foca apenas nos indicadores de qualidade, o DMAIC possui o poder analítico das ferramentas estatísticas, proporcionando às empresas desenvolver projetos para melhorar a satisfação do cliente, aumentar a receita, reduzir custos fixos e variáveis, além de gerar mais caixa livre para que as organizações possam realizar mais investimentos. Poderíamos considerar o DMAIC como a evolução natural do PDCA.

3. Análises

Foi demonstrado ao longo do artigo que os ciclos PDCA e DMAIC contribuem para a melhoria contínua, minimização do desperdício, aumento da produção e padronização do processo produtivo no gerenciamento de projetos.

O DMAIC assemelha-se ao PDCA em vários aspectos tais como planejamento e elaboração de estratégias de melhoria do processo. No entanto, o DMAIC possui uma acentuada ênfase na observação e medição das características críticas para o cliente enquanto na utilização do PDCA, esses aspectos não são observados com igual intensidade. Diferem também em relação ao

processo de retroalimentação, pois enquanto no método DMAIC a melhoria contínua se dá aplicando a metodologia para outros projetos ligados ao processo, no PDCA a melhoria é cíclica, melhorando o processo como um todo.

4. Considerações Finais

A revisão da literatura foi de fundamental importância para demonstrar os diferentes conceitos relacionados ao método Seis sigma, utilizado para solução dos problemas no processo produtivo e a relação destes com as ferramentas da qualidade utilizadas na gestão de projetos.

Pela análise realizada da pesquisa, conclui-se que o ciclo DMAIC é uma ferramenta de controle e monitoramento eficiente na solução de problemas, auxiliando no alcance das metas estabelecidas no projeto.

Referências

A guia de Project Management Body of Knowledge – PMBOK. Editado por: Project Management Institute – PMI, 3ed, Estados Unidos da America, 2004.

AGUIAR, S. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa Seis Sigma. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2002.

ANDRIETTA, J.M.; MIGUEL, P.A.C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. Gestão da Produção. São Carlos, v.14, n.2, p. 203-219, maio-ago, 2007.

ANTONY, J.; BANUELAS, R.. Key ingredients for the effective implementation of six sigma program. Measuring Business Excellence. Coventry, n. 6, p. 20-27, abr. 2002.

CARVALHO, M.M. DE; LEE HO, L.; PINTO, S.H.B.. Implementação e difusão do programa seis sigma no Brasil. Revista Produção. São Paulo, v. 17, n. 3, p. 486-501, set./dez. 2007. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n3/a07v17n3.pdf >. Acesso em: 20 mar. 2014.

CARVALHO, M.M.; HO, L. L.; PINTO, S.H.B. Main quality programs characteristics in large size Brazilian companies. International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 25, No. 3, 2008, p. 276-291.

FRANZ , L.A. S.; TEN CATEN, C.S. Uma discussão quanto à relação entre os métodos DMAIC e PDCA. Semana de engenharia de produção e transportes, 3. 2003. Anais.. Porto Alegre: UFRGS, 2003. Disponível em:< http://docplayer.com.br/14104429-Uma-discussao-quanto-a-relacao-entre-os-metodos-dmaic-e-pdca.html >. Acesso em: 22 de out. 2011.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations. New York: Doubleday, 2000.

HOLTZ, R.W.; CAMPBELL, P.A.. Six sigma: its implementation in ford's facility management and maintenance functions. Journal of Facilities Management, Miami, v. 2, n. 4, p. 320-329, dec. 2003.

KLEFSJÖ, B.; WIKLUND, H.; EDGEMAN, R. L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. Measuring Business Excellence, [S. l.]: v. 5, n. 1, p. 31-35, 2001.

MARTENS, S. L. Operationally Deploying Six Sigma. Director, Six Sigma Quality & Performance Measurement – American Express Financial Advisors, Minneapolis, 2001. Disponível em: http://www.qsp.org.br/restrito/comunidade/biblioteca_arq.shtml. Acesso em: 05 de out. 2011.

MATOS, Jorge L. Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC. [Dissertação de Mestrado] Porto Alegre, 2003. Disponível em: < http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3711/000403325.pdf >. Acesso em: 22 de abr. 2014.

PANDE, P; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

PENCZKOSKI, D. P.; PEDROSO, B.; PILATTI, L. A. Dificuldades da implantação do programa Seis Sigma. Paraná, 2008. Disponível em: < http://www.4eetcg.uepg.br/oral/70_1.pdf >.Acesso em: 18 mar. 2014.

PYZDEK,T. Uma ferramenta em busca do defeito zero. HSM Management, n. 38, maio-junho 2003. Disponível em: http://docplayer.com.br/4687196-Uma-ferramenta-em-busca-do-defeito-zero.html>. Acesso em: 19 de mar. 2014.

RECHULSKI, Denise Kaufman; CARVALHO, Marly Monteiro de. Programas de qualidade seis sigma: características distintivas do modelo DMAIC e DFSS. Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP, PIC-EPUSP, São Paulo, n.2, 2003.

CAPÍTULO 6

SEIS SIGMA E SUA APLICABILIDADE COMO FERRAMENTA DE QUALIDADE EM PROCESSOS INDUSTRIAIS

José Leonardo Liborio Alves
Amanda da Silva Xavier
Andersson Alves da Silva
Ramsés Moreira de Albuquerque
Tharsis Cidalia de Sa Barreto Diaz Alencar

Resumo*:* A grande competição no mercado de trabalho e o foco no atendimento obrigam as empresas a terem um diferencial competitivo, onde na segunda metade do ultimo século, tais mudanças vem sendo mais evidentes, principalmente quando tratando-se de investimentos em qualidade e satisfação. Diante disso o presente estudo vem verificar a importância do seis sigma como ferramenta de qualidade em processos industriais. A pesquisa é de natureza descritiva e exploratória com abordagem qualitativa. Participou da pesquisa uma empresa localizada no triângulo CRAJUBAR (Crato, Juazeiro e Barbalha) sendo esta, uma organização que faz a utilização do método. Foi feita uma pesquisa para avaliar variáveis como tempo de utilização da estratégia, como ele influencia na tomada de decisões, o percentual de falhas encontradas nos processos, a qualidade para os clientes bem como a importância do mesmo para a organização. Após a coleta de dados, as informações foram registradas para que pudessem ser feitas as análises das variáveis citadas anteriormente. Diante da coleta, pôde-se observar, que a empresa mostra-se atendendo a todos os requisitos quanto a utilização do método, sendo assim uma empresa modelo quando tratando-se em projetos Seis Sigma, capacitando veementemente profissionais, para que todos os objetivos traçados sejam alcançados. Cada etapa da pesquisa foi realizada de acordo com os aspectos éticos previstos na legislação vigente no Brasil.

Palavras Chave*:* Qualidade. Seis Sigma. Estratégia. Aumento da Lucratividade

1. Introdução

A competição pelo ganho de mercado e o foco no atendimento as necessidades dos clientes provocou, na segunda metade do último século, uma grande alteração do modo de planejar, gerando mudanças na postura gerencial de um número expressivo de empresas. Tal movimento teve início no Japão entre o final dos anos quarenta e início da década de sessenta, passando essas técnicas a se popularizarem no ocidente. Esse movimento vem abrangendo empresas de diferentes nichos de mercado ao redor do mundo (DAHLGAARD, 1999), estando o Brasil inserido nesse contexto de busca pela qualidade, podendo observar o aumento gradual de certificações ISO 9000 que eram apenas 18 em 1990 chegando em 2001 a mais de 10.000 (MIGUEL, 2002).

A partir dos anos 80 o conceito de controle para a construção da qualidade migrou do foco nos resultados para os processos e suas inter-relações, mudando das atividades passivas e reativas para as atividades proativas (DAHLGAARD, 1999).

Um produto ou serviço de qualidade é aquele que atende de forma confiável, acessível, segura e no tempo certo as necessidades do cliente (CAMPOS, 2004), sendo a qualidade um requisito cuja finalidade é analisar e corrigir situações de não conformidades existentes nos processos produtivos, verificando dessa forma, se os padrões estão obedecidos, com a finalidade de manter os produtos ou serviços nas tolerâncias permitidas.

As inúmeras dificuldades associadas à implementação de um programa de melhoria de qualidade que utiliza conhecimentos complexos, residem sem seus próprios alicerces de sustentação que são conhecimentos técnicos, Recursos Humanos bem como o ambiente organizacional no qual tais recursos inter-relacionam-se.

A presente pesquisa objetiva verificar a importância do método Seis Sigma ressaltando sua importância no contexto organizacional, bem como denotar as dificuldades encontradas para implantação do método, apresentando dessa forma as fases de implantação do método DMAIC, discutindo sua relação com o ciclo PDCA, tratando assim o Seis Sigma como sendo uma ferramenta de redução da variabilidade, obtendo-se dessa forma um aumento significativo da lucratividade.

Diante de tal explanação, este trabalho justifica-se pela sua relevância, em prol dos conhecimentos por ele ofertados, que contribui como referência para pesquisas futuras, bem como importância no meio organizacional com ótica ao que este pode proporcionar com obtenção de conceitos úteis para o ambiente em estudo, considerando os elementos práticos por ele levantados, enfatizando sua importância para a redução de custos e obtenção de lucro.

2. Seis sigma

A letra grega sigma é utilizada para representar o desvio padrão, ou seja, a medida relativa à variação de uma população. O termo Seis Sigma foi desenvolvido para retratar uma filosofia de negócio, um processo de melhoria e uma métrica para benchmarking (COLENGHI, 2003). A espinha dorsal para cada fase do Seis Sigma é baseada num sistema de medida de falhas, no qual será explorado por meio de equações para cálculo do nível sigma (CHAHADE, 2009).

Como o próprio nome já diz, o método Seis Sigma trabalha com uma escala de 1 até 6 sigma. Dessa forma, qualquer defeito/falha que for gerado, correlaciona-se ao cálculo do número de erros e verifica-se o desvio padrão. A partir da análise do desvio padrão, foi feita uma tabela representando a conversão de sigmas a qual está representada na tabela 1.

Tabela 1: Simplificada de conversão em sigma

Seu nível de perfeição é...	Se DMPO é...	Seu Sigma é...
30,90%	690000	1
69,20%	308000	2
93,30%	66800	3
99,40%	61210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: Pande, Neuman e Cavanagh (2001, p. 31)

A filosofia do Seis Sigma reconhece a correlação entre o número de produtos defeituosos, o desperdício com os custos operacionais e o nível de satisfação com o cliente, sendo tal método, uma ferramenta que medirá a capacidade do processo em executar trabalhos livres de defeitos. Nessa abordagem, o índice de medida utilizado normalmente é o DPU (defeitos por unidades produzidas) (HARRY, 2000).
O valor do Seis Sigma indica a frequência em que ocorrerão prováveis erros, com isso, sua utilização corresponde a uma baixa probabilidade do processo em produzir itens com defeitos, consequentemente, uma melhoria no nível sigma produz melhoria na confiabilidade, diminuindo a necessidade de testes e inspeções finais e concomitantemente reduz o tempo de ciclo e aumenta a satisfação do cliente (MATOS, 2003).

O programa DMAIC visa o aperfeiçoamento através da seleção correta dos processos que possam ser melhorados e das pessoas a serem treinadas a fim de obter os resultados. Os processos de aperfeiçoamento do DMAIC passam por cinco fases, segundo Carvalho e Paladini (2012) sendo a primeira delas definir (define), que tem como principal objetivo definir as prioridades. Essa etapa está voltada a definir quais os interesses dos clientes e traduzir tais necessidades em Características Críticas para a Qualidade (CTQ).

O progresso do projeto precisa ser acompanhado através de indicadores, onde deve culminar em benefícios, tais como custo, tempo ou qualidade. Normalmente, sugere-se que o projeto venha a ser realizado em um prazo de 6 a 12 meses dependendo de sua complexidade, do engajamento da empresa e dos recursos disponibilizados a este. Normalmente os tempos estimados de duração das etapas do DMAIC são: Etapa D – 2%, Etapa M – 25%, Etapa A – 45%, Etapa I – 25% e Etapa C – 3% (CARVALHO E PALADINI, 2012).
A definição de método de melhorias, conhecido como Ciclo PDCA, teve sua origem na década de 1930, nos laboratórios da Bell Laboratórios – EUA, pelo estatístico Walter A. Shewhart, sendo tido como um ciclo de controle dos processos que pode ser aplicado para qualquer tipo de processo ou problema (SILVA, 2006). Ainda de acordo com o autor, o ciclo é um método para prática do controle, sendo segundo Lima (2006) uma ferramenta utilizada para aplicação das ações de controle dos processos, tal como estabelecimento da diretriz de controle, planejamento da qualidade, manutenção de padrões e alteração da diretriz de controle, ou seja, realizar melhorias.
Ao final dessa fase, origina-se a primeira do próximo PDCA, permitindo que se faça o processo de melhoria contínua, sendo esse processo denominado circularidade do Ciclo PDCA (CABRERA JUNIOR, 2006).
Uma das maiores dificuldades encontradas com maior frequência durante a implantação do Seis Sigma está relacionado a falta de compreensão e manuseio das ferramentas da qualidade aplicadas ao seis sigma. Isso ocorre porque o programa precisa ter um método bem definido e padronizado, já que o método utiliza ferramentas estatísticas complexas (PINTO, CARVALHO e HO, 2006).

3. Materiais e métodos

O presente estudo apresenta natureza qualitativa, descritiva e exploratória. Oliveira (2010, p. 59), afirma que “a pesquisa qualitativa pode ser caracterizada como uma

tentativa clara de explicar em profundidade o significado e as características do resultado das informações obtidas sem a mensuração quantitativa de características ou comportamento". De acordo com Sílvio Oliveira (1999, p. 117), "as abordagens qualitativas facilitam descrever a complexidade de problemas e hipóteses, bem como analisar a interpretação entre variáveis, compreender e classificar determinados processos sociais".

A pesquisa descritiva infere que o pesquisador está interessado em conhecer a realidade, sem num primeiro momento interferir para modifica-la, o que denota uma contribuição indireta, pois tal tipo de pesquisa não necessita mais que os outros, porém de forma consistente e abrangente, de que os dados sejam publicados para conscientização da população pesquisada quanto à realidade em questão (GAIO, 2008), onde segundo Rudio (2003) a pesquisa descritiva está interessada em desenredar e observar fenômenos, com objetivo de descrevê-los, classifica-los e interpretá-los.

A pesquisa exploratória tem por objetivo realizar um levantamento acerca de um objeto determinado, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação de tal objeto (SEVERINO, 2007). Esse tipo de abordagem tem como objetivo dar uma explicação geral determinado fato, através de um levantamento bibliográfico, leitura e análise de documentos.

No que se refere ao procedimento sistemático de revisão bibliográfica delineada nesta pesquisa, trata-se de uma modalidade de estudo e análise de documentos de domínio científico, como: periódicos, enciclopédias, dicionários e artigos científicos. Pode-se afirmar que uma grande parcela dos estudos exploratórios faz parte desse tipo de pesquisa, apresentando como principal vantagem um estudo direto em fonte científicas, sem precisar recorrer diretamente aos fatos/fenômenos de realidade empírica (OLIVEIRA, 2010).

Participaram da pesquisa X empresas que fazem a utilização do Método Seis Sigma em seus processos industriais, localizadas no CRAJUBAR, na região do Cariri, onde foram avaliados de que forma o mesmo é utilizado e como esse método influencia na tomada de decisões e na lucratividade da empresa. Para a escolha de quais empresas seriam entrevistadas, foram feitas ligações para as empresas da região, a fim de saber previamente se a mesma faz a utilização do método.

Posteriormente foi realizada uma pesquisa de campo, onde o levantamento dos dados primários se deu a partir da aplicação de um questionário composto com 20 perguntas em empresas localizadas no CRAJUBAR que fazem a utilização do Seis Sigma, sendo este aplicado de forma não probabilística por julgamento. O questionário aplicado é composto por perguntas fechadas e abertas, a fim de se ter um aprofundamento maior acerca a utilização do método e como o mesmo influencia na tomada de decisão e nos processos industriais da empresa.

Na pesquisa foram avaliadas variáveis como, tempo de utilização, influência na tomada de decisões, lucratividade, percentual de falhas nos processos, tempo de realização dos processos, influencia na satisfação dos clientes, bem como a importância do método para a organização.

As informações foram registradas em uma planilha específica e posteriormente foi realizada a tabulação dos dados que utilizados na análise dos resultados, onde foram abordadas as variáveis citadas acima.

Após a tabulação dos dados coletados, as amostras foram agrupadas em uma planilha do Excel, seguindo a ordem de empresas pesquisadas, apresentando de forma qualitativa as informações coletadas a respeito da mesma.

A presente pesquisa foi realizada baseando-se com os aspectos éticos previstos na resolução n° 466 de 12 de dezembro de 2012, que regulamenta a pesquisa com seres humanos no Brasil (BRASIL, 2012).

4. Análise dos resultados

Na presente empresa, a entrevista foi realizada com o Green Belt, responsável pela estruturação, planejamento e controle do programa Seis Sigma na organização. Este é um profissional de nível superior, fazendo parte do quadro de colaboradores desde 1999, formado em Engenharia de Materiais, atuando na coordenação de Engenharia Industrial desde 2008, linha de montagem em 2010 e injeção plástica desde 2011. O mesmo tornou-se Green Belt no ano de 2009 após assumir o cargo de coordenação área de Engenharia Industrial, não tendo dessa forma,

participado da implementação do método na organização.

Para a empresa, Seis Sigma é uma ferramenta que auxilia no aumento do lucro a partir da redução dos desperdícios no processo produtivo, a partir de um planejamento prévio, tendo o objetivo de prever possíveis erros na linha de montagem, trabalhando assim com o mínimo de erros possíveis, aumentando concomitantemente a margem de lucro ofertando materiais de maior qualidade e com a diminuição de materiais de refugo, agindo assim em concordância com o pensamento de Pande, Neuman e Cavanagh (2001), sendo isto de extrema importância, visto que processos que não utilizam o método, dedicam 30% da produção a erros materiais de refugo, enquanto essa margem não passa de 10% a partir da utilização do Sigma.

A metodologia foi implantada na empresa no ano de 2008 sendo contratados profissionais já capacitados para que a implementação pudesse ocorrer conforme padrões, sendo também treinada uma equipe para a formação de White Belt, Yellow Belt e Green Belt. Tais treinamentos foram realizados pelos profissionais contratados para a realização da implementação, bem como, sendo ministradas inúmeras capacitações, conduzidas por profissionais do exterior que já possuíam uma vasta experiência com a Utilização da ferramenta.

A ideia de implantação do Seis Sigma surgiu a partir de problemas existentes no setor de planejamento e produção, aonde a organização vinha passando por dificuldades, a partir daí surgiu a ideia de se passar a usar o Seis Sigma, mudando drasticamente a realidade da mesma, afirmando o Supervisor entrevistado que, caso essa ferramenta não tivesse passado a ser utilizada naquele exato momento, havia grandes chances de que a empresa não existisse hoje.

No momento da implantação, uma das maiores dificuldades apresentada foi a capacitação técnica, visto a extrema complexidade do método, sendo ela uma ferramenta estática, necessitando extremo conhecimento das mesmas, concordando assim com as palavras de Pinto, Carvalho e Ho (2006), logo, essa é a dificuldade mais aparente quando se fala na utilização da ferramenta, sendo dessa forma, um trabalho árduo em encontrar um profissional que consiga trabalhar com esse método, fazendo o controle correto dos processos.

Antony e Banuelas (2002) afirmam que o programa não provoca mudanças somente na parte produtiva, mas também na parte cultural da empresa, sendo esse também, outro fator que gera resistência, sendo esta mudança cultural, um dos pontos citados pelo entrevistado, onde o mesmo afirma que "é muito mais fácil encontrar profissionais que façam o gerenciamento do excesso, do que encontrar profissionais façam o gerenciamento da escassez, trabalhando com uma quantidade pré-determinada, conseguindo produzir tudo que foi planejado".

Quando há alguma dúvida em relação à esta ferramenta estatística, seja de acompanhamento do projeto, seja na parte de solução dos problemas, os Green Belt e os Black Belt conseguem solucionar a variável requerida em 100% dos casos, tendo no momento 3 Black Belt em toda a equipe nacional, que fazem o gerenciamento de toda a rede, assessorando a vasta equipe de Green Belt, Yellow Belt e White Belt, que são extremamente capacitados, a ponto de conseguirem resolver inúmeros problemas e tirar qualquer dúvida em relação a utilização do método, influenciando diretamente na parte gerencial da empresa, visto que a partir da utilização do Seis Sigma, os problemas passaram a ser vistos de outra forma.

O programa segundo Sousa (2006) interfere diretamente na melhoria dos processos, analisando as etapas individualmente, logo, o método interfere diretamente na tomada de decisão da empresa, agindo segundo o gestor da empresa como sinalizadores de controle e verificação, sendo possível prever a tendência dos resultados, baseando-se em fatos. Dessa forma, o produto final é tido com maior qualidade, influenciando diretamente na satisfação de quem o compra, onde é ofertado um produto confiável, que acabam por influenciar diretamente no bem-estar e na segurança dos colaboradores.

Nem sempre é possível finalizar um projeto Seis Sigma, influenciado por inúmeros fatores, como problemas no orçamento, cronograma, dentre outros fatores, concordando assim com as palavras de Anbari e Kwak (2004), entretanto, o gestor afirma que mais de 70% dos projetos que são iniciados são também finalizados, isso se dá pela forte liderança da organização, onde o mesmo fala que muitas vezes se tem profissionais capacitados tecnicamente, mas nem sempre estes sabem lidar positivamente com pessoas, a ponto de fazê-las trabalhar com motivação, logo, a

liderança tida internamente é um fator crucial no que se diz respeito à finalização de tarefas.

Treinamentos são realizados frequentemente a fim de se ter o que se precisa na hora certa e no lugar certo, coincidindo com o que diz Pinto, Carvalho e Ho (2006), onde os mesmos falam que a capacitação técnica constante é necessária para que se tenha o que é necessário quando se é requerido. Diante disso, avaliações frequentes são feitas com o intuito de se observar os resultados sobre investimento (payback), que na maior parte das vezes são positivos, possibilitando assim um aumento de investimento.

Com a utilização do método, toda e qualquer organização pretende diminuir a variabilidade dos processos, como afirma Cabrera Junior (2006), a partir da utilização de ferramentas como o Ciclo PDCA, que é originado por uma circularidade ao final de cada processo garantindo assim uma melhoria contínua. Diante disso, o gestor afirma que a variabilidade diminuiu drasticamente, tendo uma amplitude de 5%, com uma variação de 1% para mais ou para menos.

Diminuição da variabilidade e aumento da lucratividade são vertentes que andam juntas, visto que se os erros diminuem, a empresa ganhará em cima de diminuição de custos, utilização de menos materiais, visto que será utilizado o que se é necessário, diminuindo o desperdício. Todos esses fatores farão com que a lucratividade aumente, tendo isso o ocorrido na referente empresa, visto que todas essas variáveis influenciaram direta e indiretamente no capital da empresa, concordando assim, com a ideia no autor citada anteriormente.

Todas essas mudanças trouxeram mudanças e um aumento de lucro significativo para a organização. Atualmente a empresa tem 3 projetos sigma em andamento, sendo esses planejados e coordenados pelo Green Belt entrevistado. Todas as ferramentas citadas na literatura são utilizadas nos projetos, desde o Ciclo PDCA em projetos de curta duração ate o DMAIC em projetos mais longos, sendo eles auxiliados pelo gráfico de tendência, Gráfico de Pareto, Diagrama de Ishkawa, 5W2H, Gráficos de Dispersão bem como o Payback.

Dentre os projetos realizados pelo Supervisor entrevistado, todos foram concluídos com sucesso, tendo eles um lucro de 2 a 3 reais por máquina, gerando dessa forma um capital de mais de 70 mil anual por projeto realizado, mostrando dessa forma, a capacidade gerencial dos Green Belt na utilização do método, descentralizando o poder gerencial, fazendo com que os processos fluam de melhor forma na organização.

5. Conclusão

A entrevista realizada corrobora diretamente com os pressupostos realizados na presente pesquisa, sendo possível destacar alguns fatores relevantes quanto a sua implementação como a aderência a metodologia, necessidade de adaptação da equipe com o método, as dificuldades de implantação devido à resistência de mudança cultural e falta de mão de obra técnica capacitada, preocupando-se também em procurar profissionais que não tivessem somente uma boa capacitação técnica, mas uma boa capacidade de liderança e influência na equipe.

Diante dos resultados obtidos, pode-se observar a importância da utilização do Seis Sigma, não apenas como uma ferramenta utilizada com a finalidade de reduzir a variabilidade de processos, mas também como uma forma de orientar a organização para definir e atingir objetivos estratégicos complexos.

Os projetos Seis Sigma precisam ser compreendidos como uma alavanca tática para se atingir resultados, mas faz-se necessário também ter um enfoque na gestão dos processos e a prática de uma rigorosa disciplina em todas as etapas do processo, se evitando dessa forma, que o projeto sigma venha a fracassar, sendo dessa forma, o envolvimento total da gerencia, um fator determinante no sucesso do mesmo.

Diante das análises realizadas, pode-se então confirmar as hipóteses da pesquisa, quando se trata de desempenho diferenciado devido a utilização do mesmo, tendo assim processos mais limpos e seguros, garantindo qualidade no produto final, maximizando o sucesso empresarial a partir de uma análise estatística dos processos, tendo dessa forma economia de custos, visto que todos os possíveis problemas serão previstos, evitando dessa forma que venham a acontecer e prejudicar os processos. Por fim pode-se confirmar a hipótese de que os problemas de implementação dos Seis Sigma sustentam-se em seus próprios alicerces de sustentação, quando relacionado a conhecimentos

técnicos, Recursos Humanos e o próprio ambiente organizacional.

Deste modo, como pode-se observar, a empresa mostra-se atendendo a todos os requisitos quanto a utilização do método, sendo assim uma empresa modelo quando tratando-se em projetos Seis Sigma, capacitando veementemente profissionais, para que todos os objetivos traçados sejam alcançados, preocupando-se inúmeras variáveis, não trabalhando somente com coisas óbvias, mas com um conjunto de fatores que fazem com que a empresa antecipe todos os possíveis problemas, a partir de uma gestão qualificada e descentralizada, dando a mesma uma maior amplitude na tomada de decisões, favorecendo a empresa uma satisfação global, desde a produção a alta administração, fazendo a empresa, ser reconhecida nacionalmente como modelo confiabilidade e utilização do método.

Através do desenvolvimento desse trabalho, foi possível obter a compreensão dos fatores abordados na literatura e comprovados através da aplicação da pesquisa. A partir do amadurecimento do conhecimento adquirido através deste com o que vem a ser o Seis Sigma, propõe-se que sejam realizadas pesquisas mais aprofundadas ressaltando a relevância de sua utilização em empresas de grande porte, mostrando os benefícios que o mesmo trará para a organização, ressaltando também a carência de empresas que fazem a utilização do Seis Sigma, visto que há atualmente, apenas uma empresa na região CRAJUBAR (Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha) fazendo a utilização do mesmo.

Referências

[1] ALVES, Suellen de Avellar Faria Dias. Gestão da qualidade. Disponível em < http://www.avm.edu.br/monopdf/9/SUELEN%20DE%20AVELLAR%20FARIA%20DIAS%20ALVES.pdf> . Acessado em: 20 out. 2015.

[2] ANTONY, J.; BANUELAS, R.. Key ingredients for the effective implementation of six sigma program. Measuring Business Excellence. Coventry, n. 6, p. 20-27, abr. 2002.

[3] BRASIL, Lei nº 466 de 12 de dezembro de 2012. Estabelece Diretrizes e Normas Regulamentadoras de Pesquisas Envolvendo Seres Humanos no Brasil. Diário Oficial [da República Federativa do Brasil], Brasília, DF, n. 12. Seção 1. 2012.

[4] CABRERA JUNIOR, Alvaro. Dificuldades de implantação de programas seis sigma: estudo de casos em empresas com diferentes níveis de maturidade. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2006.

[5] CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da Qualidade: teorias e casos. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

[6] CARVALHO, M.M. DE; LEE HO, L.; PINTO, S.H.B.. Implementação e difusão do programa seis sigma no Brasil. Revista Produção. São Paulo, v. 17, n. 3, p. 486-501, set./dez. 2007

[7] CAMPOS, V. F. TQC – controle da qualidade total. Nova Lima – Minas Gerais: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

[8] COLENGHI, V. M. O & M qualidade total. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.

[9] CHAHADE, William Habib Lucas. Aplicação da metodologia seis sigma para incrementos da produtividade no envase de tintas decorativas. 2009. 160 p. Tese (Mestrado em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos). Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul - SP, 2009.

[10] DAHLGAARD, Su M. P. The evolution of patterns of quality management: some reflections on the quality movement. Total Quality Management, v. 10, n. 3&5, p. 437-480, 1999.

[11] GAIO, Roberta. Metodologia da pesquisa e produção de conhecimento. São Paulo: Vozes, 2008.

[12] GOMES, Paulo J. P. A evolução do conceito de qualidade: dos bens manufaturados aos serviços de informação. Cadernos BAD, 2004, vol. 4, n. 2, pp. 6-18. Disponível em < http://eprints.rclis.org/10401/1/GomesBAD204.pdf> . Acessado em: 20 out. 2015.

[13] HARRY, M. J. A new definition aims to connect quality with financial performance progress, Milwaukee: v. 33, n. 1, p. 64-66, Jan. 2000.

[14] LIMA, Renata de Almeida - Como a relação entre clientes e fornecedores internos à organização pode contribuir para a garantia da qualidade: o caso de uma empresa automobilística. Ouro Preto: UFOP, 2006.

[15] LIN, C.; CHEN, F. F.; WAN, H.; CHEN, Y. M.; KURIGER, G. Continuous improvement of knowledge management systems using Six Sigma methodology. Robotics and Computers-Integrated Manufacturing, v.29, p. 93-103, 2013.

[16] MATOS, J.L. Implementação de um projeto de melhorias em um processo de reação química em batelada utilizando o método DMAIC. Dissertação (Mestrado). UFRGS, 2003.

[17] MARSHALL JUNIOR, Isnard. et al. Gestão da Qualidade. Série Gestão Empresarial, 8 ed. Rio de Janeiro: FGV, 2006 (FGV management).

[18] MIGUEL, Paulo A. C. Quality movement continues growth in brazil. Quality Progress, v. 35, n. 2, p. 70-73, 2002.
[19] OLIVEIRA, Almir Almeida de. Observação e entrevista em pesquisa qualitativa. Revista FACEVV I Vila Velha I Número 4 I Jan./Jun. 2010 I p. 22-27.
[20] OLIVEIRA, S. L. de. Tratado de Metodologia Científica: projetos de pesquisa, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. 2ª ed. São Paulo, SP: Pioneira, 1999.
[21] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. Estratégia seis sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
[22] PINTO, Silvia Helena Boarin; CARVALHO, Marly Monteiro de; HO, Linda Lee. Implementação de programas de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil. Gestão & Produção, Mai/Ago. 2006, vol.13, no.2, p.191-203.
[23] RUDIO, Franz Victor. Introdução ao projeto de pesquisa científica. 31 ed. Petrópolis: Vozes, 2003.
[24] SCATOLIN, A. C. Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura. São Paulo, 2005.
[25] SEVERINO, Antônio Joaquim. Metodologia do trabalho científico. 23. ed. rev. e atual. São Paulo: Cortez, 2007.
[26] SLACK, N. et all. Administração de produção. 1 ed. São Paulo: Atlas, 1996.
[27] SILVA, Jane Azevedo da. Apostila de Controle da Qualidade I. Juiz de Fora: UFJF, 2006.
[28] SOUSA, E. L. 2006. Aspectos que facilitam ou dificultam a aplicação da abordagem seis sigma em uma empresa do setor de serviços: o caso da Telemar. Dissertação (Mestrado em Administração). Pontifícia Universidade Católica, Campinas, 2006.
[29] WERKEMA, C. Criando a cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
[30] WERKEMA, C. Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

CAPÍTULO 7

ANÁLISE DA CAPACIDADE SIGMA PARA ATRIBUTOS: ESTUDO DE CASO EM UMA SIDERÚRGICA MULTINACIONAL

Lisa Yuka Kasai
Victor Barauskas Bezerra da Silva
Leila Keiko Canegusuco Jansen
Silvia Helena Boarin Pinto

Resumo*:* No contexto atual de crescente competitividade, com as organizações buscando ao máximo elevar a eficiência de seus processos, a qualidade tem-se mostrado cada vez mais importante para que os requisitos dos clientes sejam atendidos da melhor maneira e mais rapidamente. Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma siderúrgica multinacional, chamada de empresa Beta, fabricante de aços longos. No estudo foram analisados desempenhos dos processos de Atendimento aos Clientes, usando como métrica a Capacidade Sigma desses processos. No início do trabalho acreditava-se que as não conformidades nas entregas estavam relacionadas aos diferentes tipos de equipamentos de produção, o que foi desconsiderado após os cálculos de Capacidade Sigma que apresentaram valores muito próximos. O estudo evidenciou que outras causas podem estar relacionadas aos resultados insatisfatórios. O trabalho finaliza com sugestões de melhoria para os processos estudados.

Palavras Chave*:* Seis Sigma; capacidade sigma; melhoria contínua; gestão da qualidade; siderúrgica

1. Introdução

No contexto atual de crescente competitividade, onde as organizações buscam ao máximo elevar a eficiência de seus processos, sendo que a qualidade tem-se mostrado cada vez mais importante para que os requisitos dos clientes sejam atendidos da melhor e mais rápida maneira. Podemos, então, perceber o porquê das organizações globais estarem dispostas a buscar por todos os tipos de instrumentos com o objetivo de melhorar a qualidade.

O Seis Sigma surgiu na Motorola, no início de 1987, para ser aplicada na variabilidade dos processos de produção, tendo como objetivo melhorar o desempenho por meio da análise de tais variações. A Motorola chegou a receber o Prêmio Malcolm Baldrige de Qualidade e a introdução do programa Seis Sigma passou a ser reconhecida como responsável pelo sucesso

alcançado pela organização.

Após a divulgação dos ganhos obtidos pela Motorola, o Seis Sigma começou a ser utilizado por outras empresas de grande porte como a IBM, General Electric, 3M, Caterpillar e Ford Motor, entre outras. A General Eletric conseguiu um grande aumento na margem do lucro operacional, conquistando a posição de uma das corporações mais bem sucedidas dos Estados Unidos, registrando depois de três anos uma economia de mais de US$ 1,5 bilhões (BAÑUELAS; ANTONY, 2002).

No Brasil, o Seis Sigma é um tema recente e não há muitos relatos extensivos sobre a sua aplicação. Entretanto, a partir de 1997, o Grupo Brasmotor utilizou a metodologia do Seis Sigma nas suas operações, conseguindo uma ganho de R$ 20 milhões (WERKEMA, 2002).

O objetivo desse trabalho é buscar compreender a situação atual dos atendimentos realizados pela empresa Beta. Por meio de um estudo de caso, foram analisados os processos relacionados ao nível de atendimento aos clientes, por meio do cálculo do indicador da Capacidade Sigma.

O artigo está distribuído em cinco seções. A primeira apresenta uma breve introdução sobre o tema em questão, a segunda e terceira seções apresentam a síntese da discussão teórica dos temas tratados e a abordagem metodológica utilizada, respectivamente. A seção quatro apresenta os resultados obtidos nem uma siderúrgica multinacional, chamada de empresa Beta, fabricante de aços longos (tubos, barras e lingotes). Por fim, a seção cinco discute os resultados obtidos e apresenta as principais conclusões, limitações e recomendações para futuras pesquisas.

2. Revisão da literatura

2.1 Seis Sigma

Para Pande, Neuman e Cavanagh (2001), Seis Sigma é: “um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e pela atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.”

Segundo Linderman (2003), o Seis Sigma tem como princípio fundamental a redução contínua da variação dos processos, buscando eliminar os defeitos ou falhas nos produtos e serviços. Pande, Neuman e Cavanagh (2001) defendem que: “o Seis Sigma não é mais um modismo do mundo dos negócios, atrelado a um único método ou estratégia, mas, ao contrário, um sistema flexível para uma liderança e um desempenho de negócios melhorados”. Ele se baseia em muitas das ideias mais importantes de gestão e melhores práticas do século passado, criando uma nova fórmula para o sucesso dos negócios no século XXI.

Para Eckes (2001), o processo do Seis Sigma “é definido como aquela série de etapas e atividades que agregam valor que se revertem em um resultado”.

Estudo de campo do tipo *survey* exploratório-descritivo, conduzido por Andrietta e Miguel (2007), com o objetivo de mapear a aplicação do Seis Sigma em 121 empresas brasileiras mostrou que: o Seis Sigma é uma realidade nas organizações nacionais de grande porte; existe investimentos significativos em recursos humanos e físicos; há treinamentos específicos na metodologia; e a busca dos benefícios financeiros almejados é alcançada. O trabalho também conclui que a empresa “típica” que adotou o Seis Sigma é do setor automotivo do estado de São Paulo e é de

grande porte. A implantação da metodologia foi estratégica e em todas as áreas da organização, sendo que o objetivo foi diminuir os desperdícios para gerar retorno financeiro.

2.2 Aplicação do Seis Sigma

Quanto à aplicação do Seis Sigma, tem-se que se deve utilizar uma série de ferramentas para a identificação, análise e solução de problemas, tendo forte embasamento na coleta e tratamento de dados, e com suporte estatístico (HONG; GOH, 2003).

Além disso, o Seis Sigma prioriza a escolha criteriosa do pessoal responsável por se envolver na implantação e aplicação do programa, sendo que o treinamento e a formação das equipes para a seleção, implementação, condução e avaliação dos resultados obtidos com os projetos executados são essenciais, uma vez que representam a base de sustentação do programa (INGLE; ROE, 2001).

Segundo Eckes (2001), "para que a metodologia do Seis Sigma funcione, todos os níveis da empresa precisam estar ativamente envolvidos. A Gestão de Processo do Negócio é o veículo pelo qual o envolvimento das pessoas é iniciado e mantido."

2.2.1 Metodologia DMAIC

Os projetos de melhoria seguem um processo disciplinado de quatro fases, denominado DMAIC: Medir(M), Analisar (A), Melhorar (I) e Controlar (C). Tem-se a fase Definir (D) como uma fase adicional. O DMAIC é o método mais utilizado pelas empresas que aplicam o Seis Sigma (BAÑUELAS; ANTONY, 2002).

De acordo com Harry (1998), o modelo DMAIC é uma estratégia de ruptura (*breakthrough strategy*), onde cada fase envolve ações diferenciadas. Cada fase possui os seguintes itens:

- Medir: São selecionadas as características críticas para a qualidade (CTQ's) e tem-se o mapeamento do respectivo processo através de medições necessárias, registro dos resultados e estimação da capacidade de longo prazo e curto prazo do processo;

- Analisar: Permite a realização de benchmarking das métricas principais ao desempenho do produto;

- Melhorar: Fase que compreende a especificação das características do produto que precisam ser melhoradas para se alcançar os objetivos de desempenho e financeiros;

- Controlar: É feita a documentação e monitoramento das condições do novo processo através de métodos de controle estatístico do processo.

2.3 Fatores de Sucesso

Chang (2002) encontrou dez fatores críticos de sucesso para implantação do Seis Sigma: liderança; planejamento estratégico; *benchmarking* competitivo; gerenciamento do processo; desenvolvimento dos recursos humanos; educação e treinamento; ferramentas da qualidade; informação e análise; foco nos clientes e no mercado e; gerenciamento dos fornecedores.

Enquanto que Lee (2002) encontrou os seguintes seis fatores críticos de sucesso: Adoção de programas prévios na área de qualidade; liderança da alta administração; processo de gerenciamento; características dos *Black Belts*; programas de treinamento em Seis Sigma e; o uso de ferramentas analíticas e estatísticas.

Já Eckes (2001) afirma que ao se avaliar todas as empresas que obtiveram sucesso com o programa Seis Sigma, percebe-se que o fator sem comum seria a prática do rigor e da disciplina.

Estudo conduzido por Marzagão *et. al.* (2014) analisou seis artigos científicos do tipo *survey* em grandes empresas no Brasil. O trabalho identificou quatro fatores críticos de sucesso que puderam ser comparados, ou seja, a cultura da qualidade na empresa; o envolvimento dos colaboradores no programa; a criteriosa seleção de projetos Seis Sigma; e o treinamento e aprendizado específicos.

2.4 Processo de fabricação na empresa Beta

Para realizar a análise do artigo foi necessário considerar todo o processo de produção do tubo trefilado para a fabricação de cilindro hidráulico. Tem-se que o processo produtivo desse produto se inicia de maneira semelhante a todos os outros produtos da usina, com a entrada do minério de ferro, carvão e demais elementos de liga. O Minério

de ferro é reduzido a ferro gusa, com o auxílio do carvão, que tem a função de servir de combustível para o aquecimento do forno e tem o papel químico de reduzir o minério a ferro gusa.

O ferro gusa ainda líquido é "vazado" do alto forno para os carros torpedos, enormes vagões com o interior revestido de material refratário, que transportam esse ferro líquido para a Aciaria. Na Aciaria, o ferro gusa é colocado em uma grande panela, onde são adicionados outros elementos de liga e o ferro sofre outra redução, e realiza novas ligações químicas, formando uma das diversas ligas de aço existentes.

Após a liga ser formada, ela é depositada no alimentador do lingotamento contínuo, um grande equipamento que tem a função de gerar os lingotes redondos para iniciar aos diversos processos de fabricação na usina e também às etapas de comercialização dos diversos produtos manufaturados. Para o produto analisado, os lingotes são enviados aos dois tipos de laminadores existentes na usina, o laminador automático e o laminador contínuo, sendo um destinado a bitolas menores de tubos e os outros a bitolas maiores, respectivamente. Ambas as unidades são diferentes, pois possuem épocas de criação, equipamentos e tecnologia distintas, de forma que isso interfere na qualidade do produto final.

2.4.1 Laminador automático (LA)

Cada laminador tem o seu próprio processo. No caso o laminador automático (LA) os *billets* são colocados no forno de soleira caminhante, onde são aquecidos a aproximadamente 1.600 graus celsius, ao longo do trajeto da esteira dentro do forno e saem do outro lado, diretamente para a esteira que alimenta o laminador perfurante. Após o *billet* ser perfurado, virando agora um tubo rústico incandescente, ele é transportado via esteiras automáticas para os laminadores obliquo, decapagem, forno de soleira caminhante, laminadores de redução, corte, leito de resfriamento e laminadores de acabamento.

2.4.2 Laminador contínuo (RK)

No caso laminador contínuo (RK), que é uma área mais nova, com equipamentos modernos e concepção mais sistêmica, os *billets* são todos acondicionados em uma esteira automática que alimenta o forno rotatório que possui diferentes zonas de aquecimento controlado, possibilitando tratar ligas de aço diferentes ao mesmo tempo. Quando um lote *billet* está "tratado" termicamente, ou seja, foi aquecido o suficiente, o *billet* é "sacado" do forno e colocado na esteira para o laminador perfurante.

No caso do RK, o mandril após atravessar o *billet* é solto pelo equipamento, diferentemente do LA, onde o mandril retorna, isso possibilita uma operação mais rápida uma vez que, enquanto o *billet* e o mandril são colocados em esteiras separadas por mecanismos automáticos, a laminador já está sendo montado com outro mandril perfurante por outro dispositivo.

O resto do processo é similar ao da LA, a diferença está basicamente nos tamanhos que são fabricados. Os tubos laminados são a matéria prima dos tubos trefilados, e em qualquer processo, a qualidade do produto final depende da qualidade de matéria prima.

2.4.3 Tubos trefilados

Os tubos trefilados são produtos com maior valor agregado do que os tubos laminados, pois passam pelo processo de trefila, onde os tubos são deformados a frio, ficando com superfícies mais lisas, tolerâncias dimensionais mais restritas, e dimensões bem menores, propriedades mecânicas diferenciadas, possibilitando assim aplicações mais precisas, como fabricação de peças automotivas, peças para bens de consumo, tubos para condução de fluido em alta e baixa pressão e diversas outras aplicações.

O processo de trefila começa na recepção da matéria prima proveniente dos laminadores. Estas lupas (tubos laminados sem acabamento) terão as suas pontas apontadas, deformação na ponta que a deixa quadrada e estriada, e tratadas quimicamente. Este tratamento químico confere a superfície do material proteção contra corrosão e possibilita que ele escorregue. Após o tratamento químico, os tubos são colocados no alimentador da banca de trefila, que prende a ponta do tubo que foi "apontada" e puxa esse tubo contra a outra extremidade da banca com o mandril no meio do tubo, através de uma fieira ou bocal. Neste processo de trefila, é possível modificar as dimensões e formas

externas, bem como as internas, podendo transformar um tubo com perfil externo circular em sextavado com perfil interno circular, perfeito para fabricação de porcas.

3. Metodologia

Para a realização do trabalho foi feito um estudo de caso, na empresa Beta. Segundo Martins (2008): "o investigador deverá escolher uma técnica para coleta de dados necessários ao desenvolvimento e conclusões de sua pesquisa. Em um estudo de caso a coleta de dados ocorre após a definição clara e precisa do tema, enunciado das questões orientadoras, colocação das proposições – teoria preliminar – levantamento do material que irá compor a plataforma do estudo, planejamento de toda a pesquisa incluindo detalhado protocolo, bem como as opções por técnicas de coleta de dados".

Yin (2001) argumenta que os estudos de caso e os experimentos podem ser generalizáveis em termos de proposições teóricas e não para populações. Afirma também que a pesquisa de estudos de casos deve atender à lógica da replicação e não da simples amostragem.

A empresa Beta é uma indústria siderúrgica multinacional, fabricante de aços longos (tubos, barras e lingotes), atuando nos mercados de óleo e gás, automotivo, estrutural e industrial. A empresa foi instalada no Brasil na década de 50, na região de Minas Gerais, devido à proximidade geográfica da sua principal matéria prima, o minério de ferro. A empresa possui uma usina no Brasil, responsável por alimentar toda a demanda do mercado nacional e algumas exportações, sendo essa uma usina integrada, o que significa que as suas entradas são o minério de ferro e o carvão, basicamente, e a sua saída são bens acabados ou de consumo, dependendo da aplicação.

Para a realização do estudo de caso, foi-se selecionado o tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico. Os tubos trefilados são considerados de baixa importância pela alta gerência da empresa Beta devido ao fato da porcentagem de vendas dessa área ser menor do que a das demais.

Uma relação interessante que foi considerada na fase de identificação dos problemas encontrados na produção de tubos trefilados seria a diferença entre as dimensões da lupa e as dimensões finais do tubo. Essa relação auxiliou na obtenção de diversas informações a respeito do material e do processo, como: quantidade de passes de trefila que serão necessários; quantidade de tratamentos térmicos e químicos necessários; força de tração da banca; velocidade de tração da banca; custo (quanto mais complexo e lento for o processo, mais caro ele também será); qualidade superficial (quanto mais passes, mais lisas ficam as superfícies, pois o tubo é mais esticado no processo, eliminando as discordâncias na superfície).

Tomando-se tubo trefilado para fabricação de cilindro hidráulico como base, foi avaliado o atendimento ao longo de 10 meses do cliente Y da empresa Beta, onde se observou a quantidade atendida por mês de cada bitola, assumindo que o cliente faz compras de 1.900 Kg (lote mínimo) de tubo por bitola por remessa e possui tolerância de atendimento de até ±20% na quantidade fornecida. Todos os pedidos foram atendidos, porém o que foi mensurado é o como foi dado o atendimento, onde consideramos atendimento não conforme, toda vez que a quantidade fornecida no mês era diferente de 1.900 Kg ±20% (ou seja, estava fora da faixa de 1.520 Kg a 2.280 Kg).

4. Análise dos Resultados

4.1 Análise Geral

A Figura 1apresenta os atendimentos conforme e não conforme.

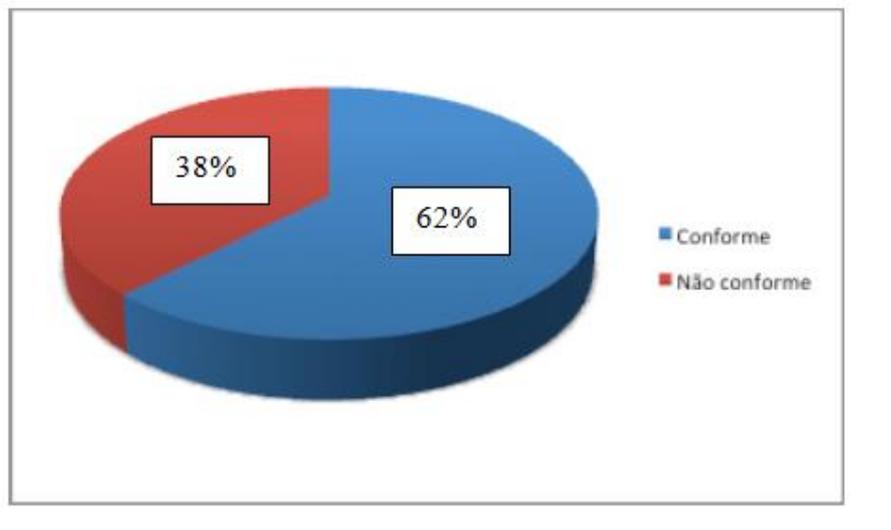
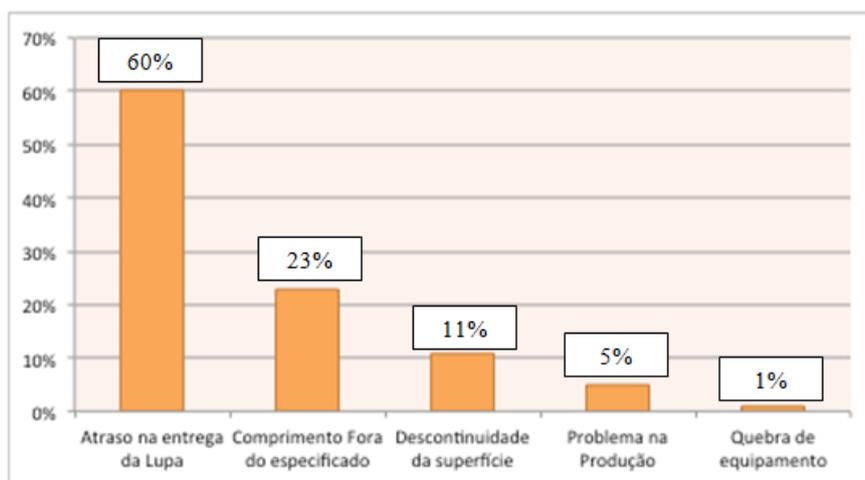



Figura 1 - Atendimentos Conformes e Não conformes
Fonte: Os autores

Percebe-se pela Figura 1 que no período de 10 meses analisados, 62% dos atendimentos atenderam as especificações, enquanto que 38% dos atendimentos estavam fora das especificações. Tem-se os 38% dos atendimentos não conformes, como um fator preocupante, necessitando de uma análise mais aprofundada.

A Figura 2 indica os motivos da não conformidade do atendimento.

Figura 2 - Motivos da não conformidade do atendimento

Fonte: Os autores

A Figura 2 mostra um detalhamento maior da não conformidade dos atendimentos. Observa-se que o principal motivo da conformidade está relacionado ao atraso da entrega da lupa. Assim, tem-se que a empresa Beta deve se preocupar em buscar atender os seus pedidos dentro dos prazos especificados por seus clientes, evitando ao máximo os atrasos. Além disso,

tem-se que os outros problemas que também devem ser verificados estariam relacionados ao comprimento fora do especificado, a descontinuidade da superfície, problemas na produção e quebra de equipamentos. Para o cálculo da capacidade sigma, tem-se que a situação apresentada envolve atributos. Em relação ao número de oportunidades de defeitos por unidade (O) tem-se os 5 seguintes já mencionados: Atraso na entrega da Lupa; Comprimento fora do especificado; Descontinuidade da superfície; Problema na produção e; Quebra de equipamento.

Para o número de unidades (N) tem-se que foram analisados, num período de 10 meses, 455 atendimentos, onde o número de defeituosos (D) foi de 172 atendimentos não conformes.

Tem-se DPO igual a 0,0756 e, portanto, um valor de z igual a 1,44.

Logo, a capacidade sigma do processo seria de 2,94, indicando problemas na qualidade do processo.

A Figura 3 mostra a porcentagem de laminadores LA e LK.

Figura 3 - Porcentagem de Laminadores LA e LK
Fonte: Os autores

A Figura 3 mostra a porcentagem dos produtos que foram realizados nos laminadores LA e RK. Pode-se observar que a maior parte dos pedidos (65%) foi atendida utilizando o laminador contínuo (RK).

4.2 Análise do Laminador Automático (LA)

A Figura 4 demonstra os atendimentos conformes e não conformes do laminador automático (LA).

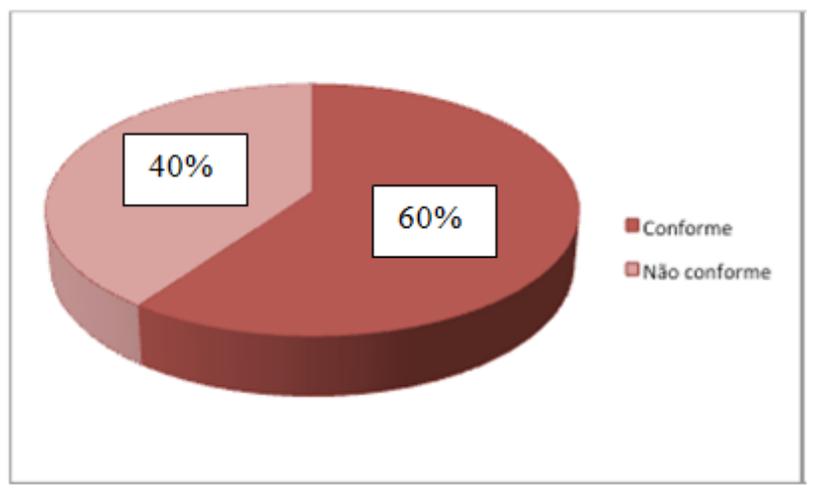



Figura 4 - Atendimentos Conformes e Não conformes do Laminador Automático (LA)
Fonte: Os autores

De acordo com a Figura 4, percebe-se que, assim como na análise geral, apesar da maior parte dos atendimentos serem estarem dentro das especificações, cerca de 40% está fora do que foi especificado, sendo uma parcela significativa da amostra de atendimentos.

Através do mesmo cálculo realizado na análise geral, tem-se que a capacidade sigma dos atendimentos realizados por meio do laminador automático (LA) é de 2,90. Observa-se que é bem próxima do valor da capacidade sigma calculada para todo o processo.

4.3 Análise do Laminador Contínuo (RK)

Para o laminador contínuo (RK), tem-se a seguinte análise:

A Figura 5 indica os atendimento conforme e não conformes do laminador contínuo (RK).

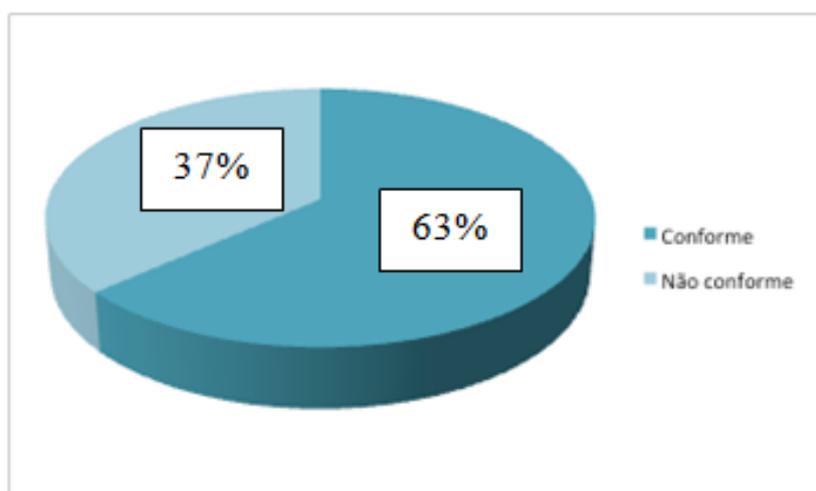



Figura 5 - Atendimentos Conformes e Não conformes do Laminador Contínuo (RK)
Fonte: Os autores

Percebe-se pela Figura 5, que o laminador contínuo também apresenta porcentagens de conformidade semelhantes ao laminador automático, com apenas uma ligeira redução na quantidade de atendimentos não conformes. Os cálculos realizados indicaram uma capacidade sigma de 2,95, que é próxima das capacidades sigma calculadas

anteriormente para todos os atendimentos e para os atendimentos realizados pelo laminador automático (LA).

Dessa forma, tem-se que a culpa principal da não conformidade do processo não está relacionada ao tipo de laminador usado durante a produção.

4.4 Filtro das Informações

Uma vez eliminada a diferença entre os laminadores como motivo da não conformidade, parte-se para a busca de outras fontes causadora do problema. Sabe-se que o principal motivo da não conformidade é o atraso nas entregas, que pode estar sendo gerado pelas seguintes causas:

- Defeitos nos produtos produzidos, requerendo mais trabalho e tempo dos operadores de trefila para a execução de ações corretivas;
- Pedidos parcialmente atendidos, fazendo com que a entrega total se acumule com outros pedidos;
- Alguns comprimentos das Lupas não são otimizados para trefilar o produto final, mas para trefilar o laminador.

5. Conclusão

Este trabalho atingiu o seu objetivo de compreender a situação atual da empresa Beta em relação ao seu nível de atendimento aos clientes por meio do cálculo da capacidade sigma do processo. A análise permitiu verificar que a capacidade sigma do processo está baixa, devido ao elevado número de atendimentos não-conformes. Sabe-se também que a principal desconfiança inicial do motivo dos problemas, que seriam os diferentes tipos de laminadores, não tem relação com as não conformidades, já que os atendimentos realizados por ambos os laminadores possuem valores semelhantes de capacidade sigma.

Como já foi mencionado os tubos trefilados na empresa Beta são considerados de baixa importância devido a menor porcentagem de vendas comparativamente às demais áreas, porém há o problema da imagem dos demais produtos serem afetados pela baixa qualidade de atendimento ao cliente. Dessa forma, como a culpa dos problemas de atendimento não está relacionado aos laminadores, tem-se que vários descuidos estão ocorrendo para que os atendimentos estejam apresentando resultados insatisfatórios.

O grupo, então, sugeriu algumas ações de melhoria para a empresa Beta: promover junto aos gerentes da laminação, reuniões para sensibilização e acompanhamento para tentar melhorar o atendimento à trefilaria, de forma a reduzir os atrasos; implantar inspeção por amostragem de lote no recebimento da saída dos laminadores e no recebimento da trefilaria, de forma que a peça a ser avaliada em cada lote por ambas as partes sejam diferentes entre si; verificar junto as áreas de produção, qualidade, manutenção e engenharia um meio de eliminar o problema de descontinuidade superficial.

Este trabalho apresenta as limitações inerentes ao método de pesquisa adotado, portanto, os resultados obtidos na pesquisa não podem ser generalizados, porém, acredita-se que possam contribuir significativamente para um maior e melhor entendimento dos fatores que exercem influências nos programas de melhoria da qualidade.

Pesquisas futuras podem ser confeccionadas em organizações do mesmo setor, objetivando a comparação dos resultados.

Referências

[1] ANDRIETTA, J. M., MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo survey exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. Gestão e Produção, v. 14, n.2, p. 204-219, 2007.
[2] BAÑUELAS, R.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations. The TQM Magazine, v. 14, n. 2, p. 92-99, 2002.
[3] Chang, T-L. Six sigma: a framework for small and medium-sized enterprises to achieve total quality. Doctoral dissertation, Cleveland State University, Cleveland, EUA, 2002.
[4] ECKES, G. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. Rio de Janeiro: Campos, 2001.

[5] HARRY, M, J. Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability. Quality Progress. v.31, n 5, May, 1998.
[6] HONG, G. Y.; GOH, T. N. Six Sigma in software quality. The TQM Magazine, v. 15, n. 6, p. 364-373, 2003.
[7] INGLE, S.; ROE, W. Six sigma black belt implementation. The TQM Magazine, v. 13, n. 4, p. 273-280, 2001.
[8] Lee, K. Critical success factors of six sigma implementation and the impact on operations performance. Doctoral dissertation, Cleveland State University, Cleveland, EUA, 2002.
[9] LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. Journal of Operations Management, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.
[10] MARZAGÃO, D. S. L., LOPES, A. P. V. B. V., GOUVÊA, M. A., CARVALHO, M. M. Fatores críticos de sucesso na implementação do programa Seis Sigma: uma revisão sistemática das pesquisas quantitativas. Revista Produção Online, v. 14, n.2, p. 465-498, 2014.
[11] MARTINS, G. A. Estudo de caso: uma estratégia de pesquisa. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2008.
[12] PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Tradução: Cristina Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.
[13] WERKEMA, M. C. C. Criando a Cultura Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, v. 1, 2002.

[14] YIN, Roberto K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2 ed. Porto Alegre: Bookmam, 2001.

CAPÍTULO 8

Indicadores de Capacidade Sigma de Processos e Melhoria de Desempenho: Estudo de Caso em Serviços ao Cliente

Henrique Augusto Graglia
Pedro Paulo Cacciatori
Leila Keiko Canegusuco Jansen
Silvia Helena Boarin Pinto

Resumo*:* Pressionadas pela dinâmica competição nos mercados, as organizações passaram a se preocupar não apenas com a qualidade dos bens produzidos, mas também com os serviços agregados a eles. Assim, técnicas, ferramentas e programas de melhoria oriundos do setor industrial têm sido aplicados aos serviços de atendimento ao cliente. Este artigo apresenta um estudo de caso realizado em uma entidade multinacional de grande porte, atuante no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais, com sede brasileira na cidade de São Paulo. A empresa implementou várias ações de melhoria na área de Serviços ao Cliente, responsável pela entrega de produtos nos distribuidores e varejistas. O trabalho apresenta uma análise do desempenho alcançado pela companhia, abordando-se o problema segundo o enfoque de indicadores de Capacidade Sigma de Processos, utilizados em Programas Seis Sigma. Os resultados obtidos revelam a importância do acompanhamento dos indicadores de desempenho ao longo do tempo.

Palavras Chave*:* Seis Sigma; Melhoria Contínua; Capacidade Sigma de Processos; Serviço ao Cliente; Produtos de Limpeza e Higiene Pessoal

1. Introdução

Cada vez mais, o mercado tem se mostrado competitivo, especialmente nas áreas relacionadas ao oferecimento e à prestação de serviços. Nesse contexto, as empresas preocupam-se intensamente com o atendimento ao cliente, no intuito de agregar maior valor ao produto final, criando assim a necessidade de aplicar programas de melhoria em processos de serviços para atender às expectativas de seu público de modo mais eficaz. Assim, diferentes técnicas e ferramentas, muitas vezes oriundas do setor industrial, têm sido aplicadas e adaptadas para a área de Serviços, destacando-se, entre elas, os programas de melhoria da qualidade (CHOW-CHUA & GOH, 2002).

A entrega do produto certo, na quantidade exata, no destino correto e no tempo combinado, aliada à redução dos estoques e à diminuição dos custos, adquire, então, grande importância, e a não observância desses fatores pode impactar negativamente no desempenho empresarial. Nessa perspectiva, a implantação de normas internacionais, como a ISO 9001 (Gestão da Qualidade), a ISO 14001 (Gestão Ambiental) e o Programa Seis Sigma, representa uma alternativa viável para o aumento da competitividade (SHANKAR, 2003).

Com base em tais ponderações, este estudo tem como objetivo verificar se as ações de melhoria executadas em empresa atuante no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais incrementam a capacidade do processo, avaliada pelo cálculo da Capacidade Sigma do Processo. Caso positivo, serão identificados quais tipos de defeitos foram solucionados após a adoção dessas ações. Mesmo que a empresa não tenha implementado o Programa Seis Sigma, considera-se que é possível calcular a Capacidade Sigma dos seus processos.

O artigo está distribuído em cinco seções. A primeira apresenta uma breve introdução sobre o tema em questão; a segunda expõe a síntese da discussão teórica que embasa o presente estudo de caso; a terceira explicita a abordagem metodológica, os procedimentos utilizados e o contexto da pesquisa; a quarta revela os resultados obtidos e a quinta contempla as principais conclusões e limitações do trabalho, bem como recomendações para futuras pesquisas.

2. Referencial teórico

Nesta sessão, apresentam-se os principais conceitos necessários para compreensão dos cálculos da capacidade Sigma para atributos do estudo de caso em questão. A sessão está subdivida em três subseções: Processo, Seis Sigma e Cadeia de Suprimentos.

2.1. Processo

No cenário mercadológico contemporâneo, são diversas as organizações que se valem do Programa Seis Sigma no desenvolvimento de processos. Tal procedimento auxilia na eliminação de erros e, consequentemente, na redução de custos e na melhoria da qualidade de produtos ou serviços, entre outros aspectos.

De acordo com Slack *et al.* (1999), processo é uma sequência de atividades organizadas que transformam as entradas (insumos) dos fornecedores em saídas (produtos) para os clientes com valor agregado gerado pela unidade. Em outras palavras, processo é o ato de criar valor para os *stakeholders* (indivíduos ou grupos direta ou indiretamente afetados por uma organização que procura alcançar determinado objetivo) (STONER & FREEMAN, 1985). Na Figura 1, a seguir, ilustra-se a definição de processo.

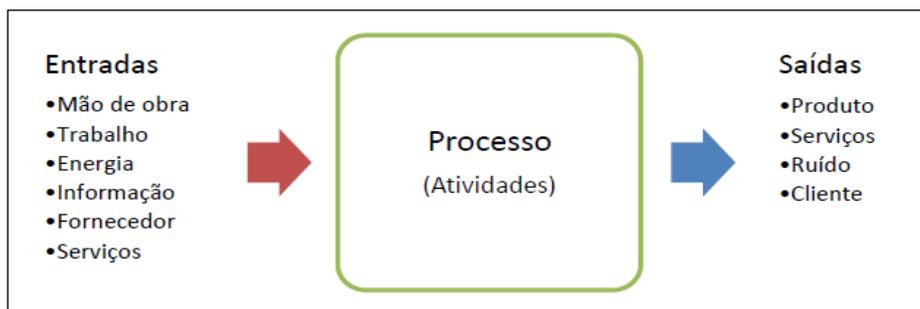



Figura 1 – Processo (perspectiva gerencial)
Fonte: adaptado de Rotondaro *et al.* (2002)

Como se pode observar, o processo é o centro da dinâmica empresarial; é o elemento norteador para o sucesso da instituição. Daí a necessidade de visualizar as atividades que o compõem de forma inter-relacionada e interativa. Conhecer profundamente a dinâmica dessas atividades é condição essencial para melhor compreensão das práticas organizacionais, já que isso, evidentemente, auxilia o gestor a determinar prioridades, prevenir problemas, compreender os limites do capital humano etc.

2.2. Seis Sigma

O Programa Seis Sigma nasceu na Motorola, na década de 1980, e difundiu-se entre empresas multinacionais de grande porte, como *3M*, *Amazon.com*, *Bank of America*, *Dell*, *DHL*, *Ford Motor Company*, *Merrill Lynch*, *United States Army*, entre outras (GUPTA, 2005).

Sua adoção ocorre somente em empresas de grande porte porque sua implementação requer investimentos significativos em recursos humanos (pessoal com formação técnica relevante e treinamentos específicos na metodologia Seis Sigma) e materiais (programas e equipamentos). Essa ponderação embasa-se no estudo de Wiele, Iwaarden e Power (2010), realizado com 132 organizações na Irlanda, o qual indica que metade das empresa que se valem do Programa são multinacionais de grade porte oriundas dos Estados Unidos. Os autores ressaltam que primeiramente as sedes das companhias adotaram o Seis Sigma e posteriormente as filiais e seus fornecedores também fizeram o mesmo, em virtude de o Programa oferecer uma resposta à pressão da concorrência e promover a diminuição de custo e a melhoria da eficiência.

O Programa apresenta várias características de programas tradicionais da área de Qualidade, tais como o pensamento estatístico e a análise e solução de problemas, o que gera uma preocupação com o uso sistemático das ferramentas estatísticas. Trata-se da promoção de um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrado em projetos prioritários, com ênfase na relação custo-benefício dos projetos de melhoria, cujos ganhos, em algumas empresas, somam cifras expressivas.

Ressalte-se que a metodologia proposta é bastante disciplinada e prescritiva, direciona o desenvolvimento de processos, produtos e serviços com um índice de 3,4 defeitos por milhão. A letra grega Sigma (σ) é utilizada para representar o desvio padrão de distribuições: nessa ótica, um processo pode ser definido como Seis Sigma se possuir a medida de variação de 3,4 defeitos por milhão, ou seja, mais de 99,99966% da distribuição está dentro dos limites de especificação (PANDE; NEUMAN & CAVANAGH, 2001).

O Seis Sigma é, então, conforme já mencionado, uma metodologia estruturada de melhoria contínua da qualidade dos processos envolvidos na produção de um bem ou serviço, que leva em conta todos os aspectos importantes de um negócio. Seu objetivo é conseguir a excelência na competitividade, em busca da aproximação ao zero defeito (ROTONDARO *et al.*, 2002; PEREZ-WILSON, 2000), apoiado em quatro bases de sustentação, conforme representado na Figura 2:

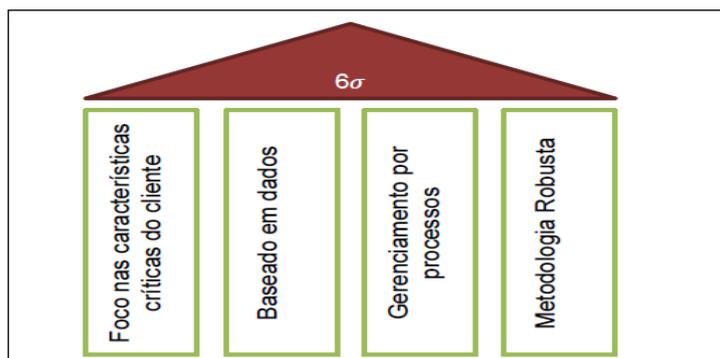



Figura 2 – Bases do Seis Sigma
Fonte: adaptado de Rotondaro *et al.* (2002)

Nessa ilustração, entende-se que o Seis Sigma é um programa baseado na gestão por processos, com abordagem sistêmica e metodologia robusta de implementação que utiliza métodos estatísticos para identificação das causas de problemas e redução da variação. Em síntese, o Seis Sigma tem foco nas características críticas da qualidade: busca a satisfação dos clientes e, consequentemente, o incremento da lucratividade.

Carvalho e Paladini (2005) assinalam que, apesar de o Seis Sigma ser um Programa relativamente novo de melhoria da qualidade, ele utiliza-se de ferramentas estatísticas conhecidas e implementadas há anos; além disso, a abordagem e a forma de implementação aplicadas são distintas e muito poderosas. Tal metodologia deu maior visibilidade ao uso do pensamento estatístico e dos métodos estatísticos, que indicam oportunidades de ganhos financeiros significativos ocasionados pela melhoria de desempenho organizacional.

O Programa Seis Sigma enfatiza um controle estatístico da qualidade visando atingir padrões de excelência operacional. Conforme mencionado, essa filosofia esforça-se para alcançar operações com foco em 3,4 defeitos por um milhão de produtos/serviços produzidos/realizados. Nessa ótica, é mais que um pensamento estatístico: propicia um alinhamento estratégico da qualidade, desdobrado em projetos prioritários para a organização. Existe também um grande destaque para a relação custo-benefício dos projetos Seis Sigma, pois as empresas relatam ganhos financeiros expressivos.

Para Anbari (2002), a metodologia Seis Sigma pode ser traduzida na seguinte expressão:

$$\text{Seis Sigma} = TQM + GFC + DFQ + RF + AP \qquad (1)$$

onde:

- TQM representa o Programa *Total Quality Management*;
- GFC é o foco do Programa nos clientes;
- DFQ indica a análise dos dados realizada com o auxílio das consagradas ferramentas da qualidade;
- RF mostra os resultados financeiros oriundos dos projetos;
- AP é a administração por intermédio de projetos Seis Sigma.

Essa metodologia é composta pelos métodos *Design for Six Sigma* (DFSS) e *Define, Measure, Analyze, Improve and Control* (DMAIC). O DFSS é empregado no desenvolvimento de novos produtos (bens ou serviços) e processos, sendo estruturado da seguinte forma: *definir, medir, analisar, projetar* e *verificar* (DMADV). O DMAIC, por sua vez, é o método mais difundido, utilizado para a melhoria de produtos e serviços existentes. É também denominado *Modelo para Melhoria de Performance* e é estruturado para atingir as metas de capacidade do Programa Seis Sigma por meio de cinco fases interligadas: *definir, medir, analisar, melhorar* e *controlar* (KWAK & ANBARI, 2006).

2.2.1. Capacidade Sigma para atributos

O estudo da Capacidade do Processo tem o objetivo de determinar se um processo é capaz de atender as especificações do cliente para um determinado produto ou serviço. Para tanto, os índices normalmente utilizados são: Cp, Cpk, Pp, Ppk (ROTONDARO *et al.*, 2002). A Capacidade Sigma de Processos para dados quantitativos contínuos, em processos estáveis e normalmente distribuídos, pode ser calculada conhecendo-se a média, o desvio-padrão (σ) e as especificações do processo (ROTONDARO *et al.*, 2002).

No caso de processos com dados por atributos, para o cálculo da Capacidade Sigma do Processo, deve-se conhecer o número de defeitos ou defeituosos (um ou mais defeitos em item) em um conjunto de dados para, então, calcular a fração defeituosa e assim desenvolver os cálculos da Capacidade Sigma para Atributos. Deve-se também conhecer o número de oportunidade de defeito por unidade que representa as distintas maneiras que uma unidade tem de se desviar da especificação previamente determinada (PANDE *et al.*, 2001).

Assim, o cálculo do número de defeitos por oportunidades (DPO) (ROTONDARO *et al.*, 2002) é dado pela equação:

$$DPO = \frac{nº\ total\ de\ defeitos}{nº\ de\ oportunidades * nº\ de\ unidades\ processadas} \quad (2)$$

Na Tabela de Estatística "Z" da normal reduzida, procura-se o valor calculado para o DPO e identifica-se o valor de "Z", que significa a Capacidade Sigma de longo prazo ($Capacidade\ \sigma LP$).

Como se quer conhecer a Capacidade Sigma de curto prazo ($Capacidade\ \sigma CP$), é necessário ajustar o valor de "Z", pois de acordo com os criadores do Seis Sigma, é difícil manter um processo sempre centralizado. No longo prazo, diversos fatores provocam o deslocamento da média para cima ou para baixo, geralmente não superando o valor de 1,5σ, que deve ser adicionado a "Z" para revelar o valor para o curto prazo (PANDE *et al.* 2001). Assim, tem-se:

$$Capacidade\ \sigma_{CP} = z + 1{,}5 \quad (3)$$

Desse modo, é possível determinar qual o nível da Capacidade Sigma de um processo para dados por atributos.

2.3. Cadeia de Suprimentos

A Cadeia de Suprimentos é uma área formada por um conjunto de subáreas e processos orientados em transformar a matéria-prima em produtos ou serviços com valor agregado ao cliente.

A área de Logística fica inserida na Cadeia de Suprimentos, sendo essa, na maioria dos casos, o ponto final da cadeia (BALLOU, 2006). Oportunidades competitivas dessa área são as que apresentam o melhor índice de sucesso em projetos de redução de custo, melhoria da qualidade, tempo e flexibilidade. Nela, revelam-se oportunidades de melhoria

para serem solucionadas (RITZMAN & KRAJEWSKI, 2004) e quanto maior a confiabilidade dos processos realizados, melhor a imagem da organização perante o mercado. Com baixa variabilidade, trará uma otimização de recursos, impactando no custo sem perder a qualidade organizacional (BOWERSOX; CLOSS & COOPER, 2007).

Ao longo dos anos, a importância do serviço foi incorporada à área da Cadeia de Suprimentos. Os serviços possibilitaram a análise e o desenvolvimento de projetos com a finalidade de reduzir o custo e melhorar a qualidade. Nesse momento, criou-se uma área de Serviço ao Cliente, que se responsabiliza por essa função dentro da organização (BALLOU, 2006).

2.3.1. Serviço ao Cliente

O setor de Serviço ao Cliente é uma das áreas da Cadeia de Suprimentos, responsável pela gestão de pedidos, cuja função é gerenciar o fluxo dos pedidos, desde a entrada até a pós-venda, sendo este último um ponto importante para desenvolvimento de projetos de melhoria (BALLOU, 2006), já que contribui para a fidelização do cliente. Nesse prisma, o sucesso do setor baseia-se em criar valor conjunto entre fornecedor e cliente, pela gestão do relacionamento e capacitação do serviço prestado, buscando-se qualidade do serviço prestado do ponto de vista do cliente (FITZSIMMONS & FITZSIMMONS, 2014).

2.3.2. Indicador de desempenho

O Nível de Serviço, ou seja, a quantidade atendida de pedidos recebidos, é um indicador de desempenho do ramo logístico, que possibilita a identificação da atual situação do processo. Dessa forma, quanto maior o indicador de desempenho, melhor está o processo, com pouca variabilidade, possibilitando a criação de imagem positiva perante o mercado (BALLOU, 2006).

Como todo indicador de desempenho, há uma meta preestabelecida pela organização com um objetivo a ser alcançado. Um ponto importante desse indicador é que ele proporciona uma visibilidade da situação atual do processo e compara a evolução através do histórico (ABNT, 2008).

3. Metodologia

A metodologia utilizada neste trabalho é o estudo de caso, uma estratégia muito eficiente quando questões do tipo *como* e *por que* são colocadas (YIN, 2005). Esse método é também bastante utilizado quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos.

O contexto da pesquisa é uma empresa multinacional de grande porte, aqui denominada Alfa, atuante no segmento de Produtos de Limpeza e Cuidados Pessoais, com sede no Brasil, na cidade de São Paulo, e com filiais em mais dois estados brasileiros. Em 2013, o faturamento da organização foi de mais de 2,5 bilhões de dólares, sendo o Brasil responsável por uma parcela importante do faturamento total. A empresa está presente em mais de 180 países.

Os dados foram obtidos de janeiro a outubro de 2014, no processo de entrega dos pedidos recebidos pela instituição, os quais foram fornecidos pelo setor de Serviço ao Cliente. Na investigação, utilizou-se o indicador de desempenho Nível de Serviço, em virtude das melhorias de processo realizadas ao longo desse ano, que resultaram no incremento do nível de atendimento dos pedidos.

Observou-se que a alta diretoria da empresa estava voltada para a gestão por processos e meta de Seis Sigma. Com a implementação das melhorias no mês de março/2014, definiu-se o objetivo deste estudo: verificar a evolução da Capacidade Sigma do processo, evidenciada pela implementação de melhorias.

A análise dos dados realizou-se com base em pesquisa histórica, sendo eles comparados antes e depois de uma melhoria proposta pelos agentes do processo. Na sequência, procurou-se verificar se houve melhoria no indicador de desempenho organizacional, utilizando-se a Capacidade Sigma como indicador.

4. Estudo de caso da Empresa Alfa

Os dados referentes aos meses de janeiro a outubro de 2014 são apresentados na Tabela 1, a seguir. A quantidade solicitada corresponde à soma de todas as demais linhas da tabela, que contemplam: entregas com sucesso (quantidade enviada) e entregas com algum tipo de problema/defeito. A

unidade utilizada é representada por caixas de produtos.

Tabela 1 – Dados referentes à situação dos pedidos

Status	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Qtde Solicitada	351.847	227.254	279.737	209.152	99.394	187.790	234.768	152.791	122.224	127.903
Qtde Enviada	268.031	153.555	226.013	164.869	84.776	166.607	209.239	134.235	108.869	121.392
Pedidos em aberto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cota promocional	19.843	29.466	11.151	10.248	550	2.307	8.808	1.473	513	236
Falta de estoque	30.961	30.364	29.011	24.639	10.593	9.087	13.883	14.686	5.421	5.702
Cadastro divergente	4.616	4.668	3.433	1.552	2.535	1.153	927	557	918	573
Preço divergente	4.514	832	381	90	14	7.279	373	646	6.503	0
Devolução total	22.629	7.044	8.137	6.231	684	909	247	151	0	0
Devolução parcial	1.253	1.325	1.611	1.523	242	448	1.291	1.043	0	0

Fonte: Empresa Alfa

Para se conhecer melhor os dados, é necessário verificar graficamente o comportamento da quantidade solicitada e da quantidade enviada. A Figura 3 demonstra a situação.

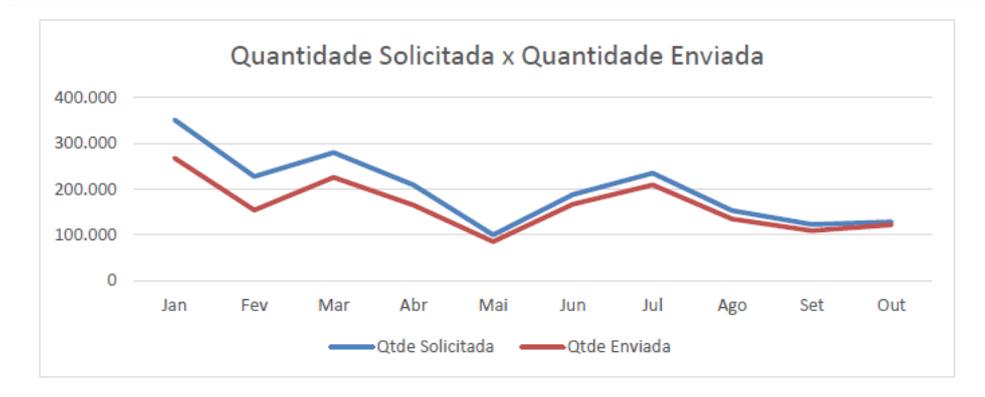



Figura 3 – Gráfico da quantidade solicitada *versus* enviada (janeiro a outubro/2014)

Fonte: Os autores

Em seguida, foram identificados os dados necessários para cálculo do DPO em cada um dos meses em estudo. Para se determinar a Capacidade Sigma, utilizou-se a Normal Reduzida “Z” e somou-se 1,5 ao resultado obtido para obtenção da Capacidade Sigma a curto prazo. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2– Capacidade Sigma *versus* objetivo

Status	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out
Objetivo	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Capacidade (CP)	3,32	3,18	3,42	3,38	3,53	3,64	3,66	3,61	3,65	3,94

Fonte: Os autores

A partir dos dados da Tabela 2, elaborou-se um gráfico que permite visualizar a evolução da Capacidade Sigma da Empresa Alfa, disponível na Figura 4.

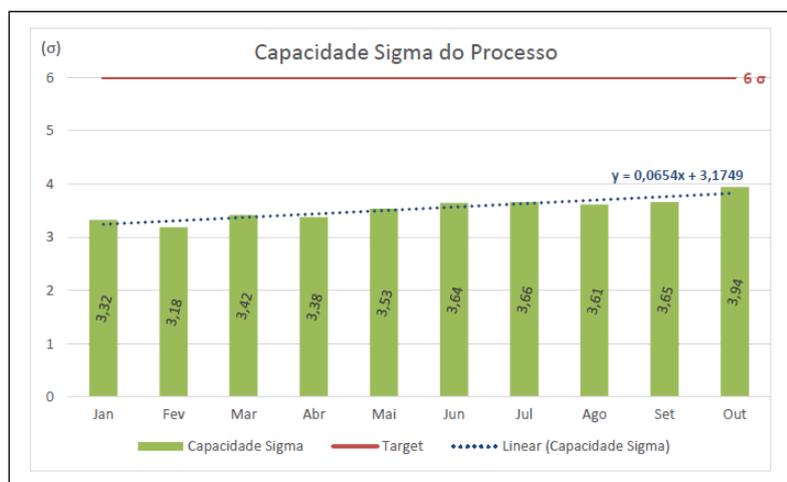



Figura 4 – Capacidade Sigma do processo a curto prazo
Fonte: Os autores

É possível confirmar graficamente a evolução da Capacidade Sigma do processo devido à implementação de melhorias que a empresa adotou a partir de Março de 2014. A expressão da linha de tendência indica o crescimento mensal médio de 0,0654 sigma. Observa-se que, tratando-se de uma empresa de serviços, o nível da Capacidade Sigma não é tão baixo em comparação com a média das indústrias, que é por volta de 4 sigma (ROTONDARO *et al.*, 2002).

A Figura 5 indica o quão rapidamente ocorreu a diminuição dos defeitos por oportunidade de falha.

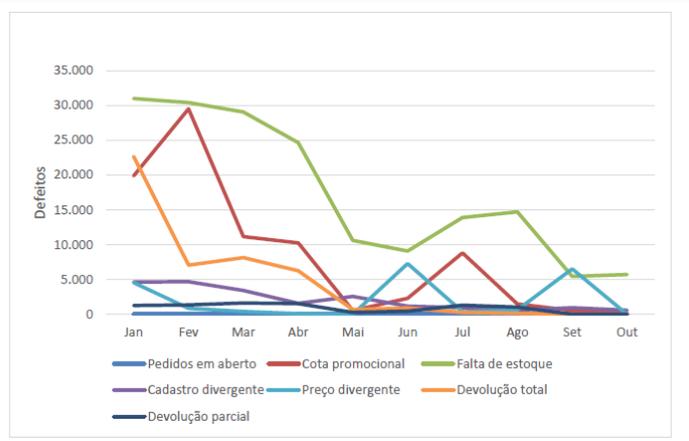



Figura 5 – Decréscimo no número de defeitos por oportunidade de falhas
Fonte: Os autores

É possível observar que as ações de melhoria tiveram forte influência nas devoluções, tanto totais quanto parciais, pois ambas não apresentaram mais defeitos a partir de agosto, acompanhando o seu decréscimo na Tabela 1 e na Figura 5.

A falta de estoque e todos os demais indicadores apresentaram quedas na quantidade de defeito a partir do mês de Março de 2014. Sendo assim, deve-se continuar no processo atual de melhoria interativa, buscando-se corrigir os erros do processo atual com objetivo de acelerar e permitir que se atinja a meta de Seis Sigma.

5. Conclusão

O processo analisado apresentou uma evolução positiva após a implementação das melhorias ocorridas no processo, a qual refletiu no aumento da Capacidade Sigma para os meses em estudo após março de 2014. Outro ponto que também ficou evidente foi que as perdas devidas relativas à não entrega do volume reduziram, evidenciadas através da Capacidade Sigma, indicando que o pedido do cliente passou a ser atendido com maior nível de qualidade a cada mês.

Além disso, é possível verificar que, após as melhorias implementadas, as quantidades de devoluções parciais e totais reduziram. Dessa forma, conclui-se que, ao longo dos períodos analisados, o que está sendo entregue não está retornando como devolução, o que é um ponto extremamente positivo, pensando-se em custo extra e relacionamento com o cliente.

Conclui-se, finalmente, que as ações tomadas pela empresa Alfa incrementaram a Capacidade Sigma do processo de entrega dos pedidos e devem ser continuadas, no intuito de acelerar o alcance da meta de Seis Sigma.

Este estudo apresenta as limitações inerentes ao método de pesquisa adotado, portanto os resultados obtidos não podem ser generalizados para outros setores. Porém, acredita-se que possam contribuir significativamente para um maior e melhor entendimento dos fatores que exercem influências nos programas de melhoria da qualidade adotados nas empresas brasileiras do setor de Serviços.

Para um futuro trabalho, sugere-se que seja avaliado como a melhoria de processos pode proporcionar aumento no indicador de desempenho, revertendo a postura reativa para preventiva. Sugere-se, ainda, que levantamentos futuros sejam realizados em empresas do mesmo setor, objetivando-se a comparação dos resultados.

Referências

[1] ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 9001:2008. Sistemas de Gestão da Qualidade – Requisitos. Rio de Janeiro, 2008.

[2] ANBARI, F. T. Six Sigma Method and Its Applications in Project Management. Proceedings of the Project Management Institute Annual Seminars and Symposium. Project Management Institute. San Antonio, Texas, Oct, 2002.

[3] BALLOU, R. H. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Logística Empresarial. São Paulo: Bookman, 2006.

[4] BOWERSOX, D. J., CLOSS, D. J. & COOPER, M. B. Gestão da Cadeia de Suprimentos e Logística. Rio de Janeiro: Campus, 2007.

[5] CARVALHO, M. M. & PALADINI, E. P. Gestão da Qualidade: Teoria e Casos. Rio de Janeiro: Campus, 2005.

[6] CHOW-CHUA, C. & GOH, M. Framework for Evaluating Performance and Quality Improvement in Hospitals. Managing Service Quality. Bedford. Vol. 12, número 1, p. 54-66, 2002.

[7] FITZSIMMONS, J. A. & FITZSIMMONS, M. J. Administração de Serviços. São Paulo: Bookman, 2014.

[8] GUPTA, P. The Six Sigma Performance Handbook: a Statistical Guide to Optimizing Results. New York: McGraw - Hill Professional, 2005.

[9] KUAK, Y. H. & ANBARI, F. T. Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach. Technovation. Vol. 26, p. 708-715, 2006.

[10] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P. & CAVANAGH, R. R. Estratégia Seis Sigma. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

[11] PANDE, P. S., NEUMAN R. P. & CAVANAGH, R. R. The Six Sigma Way. Team Fieldbook: an implementation guide for process improvement teams. 2013.

[12] PEREZ-WILSON, M. Seis Sigma: Compreendendo o Conceito, as Implicações e os Desafios. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2000.

[13] RITZMAN, L. P. & KRAJEWSKI, L. J. Administração da Produção e Operações. São Paulo: Pearson, 2004.

[14] ROTONDARO, R. *et al*. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

[15] SHANKAR, N. K. ISO 9000: Integration Europe and North America. European Quality, p. 20-29, Sept. 2003.

[16] SLACK, N. *et. al*. Administração da Produção. São Paulo: Atlas, 1999.

[17] STONER, J. A. F. & FREEMAN, R. E. Administração. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1985.

[18] WIELE, T., IWAARDEN & J., POWER, D. Six Sigma Implementation in Ireland: the Role of

[19] Multinational Firms. International Journal of Quality & Reliability Management, Vol. 27, No. 9, pp – 1054-1066, 2010.

[20] YIN, R. K. Estudo de Caso: Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookmam, 2005.

CAPÍTULO 9

SEIS SIGMA APLICADO EM UM PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE CAIXAS FREEZER PARA REFRIGERADORES DOMÉSTICOS

Ligia de Oliveira Franzosi Bessa
Carla Cristina Amodio Estorilio
Giovani Gaspar Vieira

Resumo*:* Este artigo analisa o potencial da metodologia Seis Sigma para melhorar o desempenho de um processo de fabricação de caixas freezer em uma empresa de médio porte. Para isso, apresenta uma revisão sobre conceitos relacionados ao Seis Sigma e recursos associados. O estudo segue as fases do DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) e apresenta o impacto do Seis Sigma após a implementação das melhorias.

Palavras Chave*:* Seis Sigma, Gestão de projeto, Desenvolvimento de produto

1. Introdução

Em função da concorrência imposta pelo mercado, as empresas buscam estratégias que promovam melhorias nos processos produtivos, reduzindo custos, aumentando a qualidade e a satisfação dos clientes. Entre estes recursos, tem-se a metodologia “Seis Sigma”, utilizada para controlar a variação do processo e reduzir falhas que geram refugos ou retrabalhos (Kuratko et al., 2001).

Conforme Pande *et al.* (2001), existem estratégias para se alcançar uma produção com qualidade, entre elas tem-se: estratégias de melhoria de processo (elimina as causas-raiz dos problemas de desempenho), estratégias de (re)projeto de processo (substitui parte ou todo o processo prévio) e estratégias de gestão de processo (usam-se as medições/conhecimento do processo para avaliar seu desempenho). As ações do Seis Sigma envolvem as três, além de contribuir com hábitos de gestão proativos. Para isso, utiliza ferramentas estatísticas, objetivando a eliminação de erros (Rotondaro, 2002).

O potencial do Seis Sigma foi observado na *General Electric,* entre 1998 e 2003, com redução de custos superior a 12 (doze) bilhões de dólares e na Motorola, entre 1987 e 2003, com redução de custos em 15 (quinze) bilhões de dólares (Coronado e Antony, 2002).

Apesar destas constatações, segundo Antony et al. (2005), existe pouco material sobre aplicações de Seis Sigma em empresas de pequeno e médio porte (PMEs). Fernandes & Turrioni (2007), Pinto *et al.* (2006), Andrieta & Miguel (2007) e Santo & Martins (2008) apresentam aplicações, porém, em indústrias de grande porte e do ramo automotivo.

Porém, Antony (2008) constatou que esta metodologia é igualmente aplicável nas grandes ou PMEs. Os resultados podem ser até mais rápidos e visíveis nas pequenas empresas. Raghunath and Jayathirtha (2013) apresentam algumas barreiras para a adoção do Seis Sigma nas SMEs. Porém, defende que o Six Sigma é igualmente aplicável nas SMEs, em comparação com as grandes. Resultados podem ser constatados em Kaushik et al. (2012), através de uma aplicação de Seis Sigma com o método DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar) em uma empresa de correias de bicicletas na Índia, a qual elevou o Sigma da empresa de 1,4 para 5,46, sendo 6 Sigma, sinônimo de alta qualidade.

Este estudo apresenta uma aplicação de Seis Sigma em uma média empresa da linha branca. O Seis Sigma é aplicado através das fases do DMAIC em um processo de fabricação de caixas freezer para refrigeradores domésticos, explicitando os procedimentos aplicados e parte dos resultados obtidos.

2. Seis Sigma

O Seis Sigma teve origem em meados do século XIX com o físico e matemático alemão *Carl Frederick Gauss* que, ao analisar eventos ocorridos na natureza, observou que estes tendiam a um comportamento comum, representados por uma curva em forma de sino, denominada “Curva de Gauss”. Esta curva representa o conceito de variabilidade, sendo matematicamente medida através do desvio padrão, representada pela letra grega “*Sigma (σ)*” (Eckes, 2001).

A metodologia visa reduzir a variação nos processos através de melhorias contínuas, eliminando defeitos ou falhas, podendo ser aplicado em diferentes organizações (Linderman *et al.*, 2003). Para a sua implantação é exigida a participação de pessoas de diversos setores e a escolha correta dos envolvidos é um fator-chave para o seu sucesso (Ingle & Roe, 2001).

A nomenclatura utilizada num programa Seis Sigma se baseia na graduação das artes marciais, através de cinco níveis de aperfeiçoamento, diferenciando-os pelas habilidades dos colaboradores. Rotondaro (2002) divide os papéis-chave da equipe nos seguintes:

1. Executivo Líder - responsável pela implantação do Seis Sigma na corporação;

2. Campeão - líder dos executivos-chave;

3. *Master Black Belt* - responsável por treinar e instruir os *Black Belts* e os *Green Belts*;

4. *Black Belts* e os *Green Belts* - trabalham na aplicação dos projetos de melhoria, utilizando recursos e conhecimentos envolvidos na metodologia.

Segundo Rotondaro (2002), os passos para uma boa definição e planejamento de projetos Seis Sigma são os seguintes:

Elaboração dos objetivos do projeto - São definidos os problemas, a unidade que representa o problema de forma mensurável e as probabilidades de estes ocorrerem. O

objetivo a se privilegiar é o retorno financeiro, por meio da redução de custos relacionados à qualidade. A diferença entre a situação atual e a que se pretende alcançar deve estar clara.

Determinar as fronteiras do projeto - Nesta etapa define-se o escopo do projeto e como a equipe estará trabalhando;

Delegação de funções e responsabilidades – As funções e responsabilidades são esclarecidas e documentadas;

Coordenação e controle do projeto - O projeto é executado, com o acompanhamento de cada fase, controlando a viabilidade do projeto quanto ao objetivo final.

Além da escolha da equipe, a correta seleção do projeto e a sua análise são fatores importantes para obter resultados eficazes. Conforme o PMBOK® (2013), os métodos de seleção de projetos envolvem a medição do valor para o patrocinador do projeto e podem incluir critérios como: demanda do mercado; necessidade do negócio; exigência do cliente; avanço tecnológico e exigências legais ou ambientais.

Pyzdek (2003) afirma que um bom projeto deve ter benefícios tangíveis e verificáveis. Segundo Rosenau (1996), vários projetos pequenos, em um curto espaço de tempo, podem ser melhores do que poucos grandes projetos executados a longo prazo. Da mesma forma, bons projetos são os lucrativos, vantajosos e viáveis, ao invés de projetos perfeitos não concluídos. Carvalho (2002) cita que a seleção de projetos deve alocar recursos em projetos que estejam alinhados à estratégia da empresa, agregando vantagem competitiva. Rotondaro (2002) estabelece quatro itens importantes para a seleção de projetos:

- Identificar as CTQ`s (Características Críticas para a Qualidade) internas e externas;
- Identificar as lacunas de desempenho;
- Determinar se o escopo e a amplitude do projeto são gerenciáveis;
- Determinar a viabilidade do projeto.

Um dos métodos adequados para a aplicação do Seis Sigma é o DMAIC; ele contribui para estruturar a implantação, o desenvolvimento e a conclusão do Seis Sigma (Pande *et al.* 2001).

2.1 DMAIC

O DMAIC é normalmente utilizado em um processo existente e que não atenda o desempenho desejado. Muitas empresas iniciam o Seis Sigma com a disseminação deste método (Lynch et al., 2003). O DMAIC considera as seguintes regras:

- Escolher um problema organizacional sem solução definida;
- Ter um projeto com objetivos claros;
- Manter o monitoramento do projeto;
- Quantificar os benefícios que o projeto irá gerar para o negócio;
- Desenvolver o projeto em um período razoável (de três a seis meses);
- Seguir as diretrizes do DMAIC para a resolução de problemas;
- Ser executado com a finalidade de melhorar o processo em geral e não em pontos específicos.

Considerando que o DMAIC significa “Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar”, essas cinco fases são detalhadas a seguir:

Definir: As atividades desta etapa são: definição das características críticas para a qualidade, coleta de dados do processo, determinação das metas, possíveis problemas, benefícios esperados, definição de recursos a serem utilizados no projeto de melhoria, escolha da equipe, avaliação dos suportes-chave da organização, planejamento do projeto, mapeamento detalhado do processo e roteirização do projeto. Nessa fase recomenda-se elaborar um fluxograma para facilitar a visualização do processo, visando analisá-lo e melhorá-lo (Rotondaro, 2002).

Medir: Medir as variáveis principais do processo, adotando-se o seguinte procedimento:

a) Elaborar desenhos dos processos e sub-processos relacionados ao projeto, estabelecendo as relações de entradas e saídas;
b) Analisar o sistema de medição, a fim de ajustá-lo de acordo com as necessidades do processo;

c) Efetuar a coleta de dados através de um método que produza amostras representativas e aleatórias.

Algumas das atividades realizadas são: definição de defeito; oportunidade; unidades e métricas; análise do sistema de medição utilizado e dos dados coletados, relacionando, através de gráficos, as saídas em função das entradas e, por fim, a definição da capabilidade atual do processo de fabricação (capacidade de um processo fabricar produtos dentro da faixa de especificação) (Rotondaro, 2002).

Analisar: São realizadas as análises estatísticas dos dados coletados, visando determinar as causas dos problemas. Determina-se a atual capacidade Sigma do processo e são estabelecidos seus objetivos de melhoria. Entre os recursos aplicáveis estão: FMEA (Análise do Tipo e Efeito de Falha), Diagrama de causa e efeito ou *Diagrama de Ishikawa*, Teste de hipótese, Análise de variância, Testes não-paramétricos, Correlação e regressão simples e Teste Qui-quadrado.

Melhorar: Nesta fase são implantadas as melhorias propostas. Os dados estatísticos devem ser transformados em dados de processo, para que o mesmo seja melhorado através de ações. Elaboram-se, como apoio, planos de ação, cálculos da nova capacidade do processo e a definição das tolerâncias operacionais.

Controlar: As novas métricas são estabelecidas, implantadas, validadas e mantidas, aptas a garantir a capacidade do processo. Essa etapa envolve: elaboração de novos procedimentos, utilização de gráficos de controle por variáveis ou tributos, controle estatístico de processos individuais, fechamento de projetos e padronização de procedimentos.

3. Metodologia

O objeto de estudo, empresa fabricante para a linha branca, em especial, a máquina formadora de caixas de alumínio para refrigeradores domésticos, foi delimitado em função de um dos autores ser colaborador da engenharia e ter sido designado para melhorar esse processo fabril, recém implantado na empresa.

O método de aplicação escolhido foi o Seis Sigma-DMAIC, incluindo recursos como: Diagrama de *Ishikawa*, *Brainstorming*, FMEA de processo e Gráfico de Pareto.

O Diagrama de Ishikawa foi utilizado para identificar o relacionamento entre um efeito e suas possíveis causas, facilitando o direcionamento das melhorias. Para identificar as possíveis causas, a equipe fez um *brainstorming* para que nenhuma causa fosse negligenciada por parecer elementar. Criado por *Alex F. Osborn,* o método propõe que um grupo de pessoas chegue a um denominador comum, gerando ideias inovadoras. Durante a "tempestade de ideias", conforme tradução, nada deve ser descartado ou julgado.

O *FMEA* de processo é um método de análise de processo utilizado para identificar os possíveis modos potenciais de falha e determinar o efeito de cada uma sobre o desempenho do processo, mediante um raciocínio dedutivo. É um método analítico e padronizado, usado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa (Stamatis, 2003). Segundo Palady (1997), o *FMEA* é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e identificação de soluções eficazes em termos de custo.

A planilha de FMEA conduz o analista a pontuar cada possível falha do processo de fabricação conforme o seu nível de Severidade, Ocorrência e Detecção. A multiplicação dos três gera o NPR (Número de Prioridade de Risco), cujo objetivo é indicar a prioridade de ações preventivas. Porém, a simples análise do NPR não é suficiente para esta decisão; Palady (1997) sugere que riscos acima de 100 ou índices de severidade maiores que 8 devam conter ações preventivas. Neste projeto foram consideradas ações corretivas imediatas para NPR acima de 100 e ações a serem programadas ao longo do tempo para NPR entre 80 e 100.

Com os resultados obtidos com a aplicação do Seis Sigma, foi feita uma comparação entre os indicadores do processo de manufatura antes e depois da aplicação, relatando as contribuições e ressaltando os resultados obtidos com a experiência prática na linha de refrigeradores domésticos.

3.1 Aplicação do Seis Sigma na indústria

Em novembro de 2007, uma empresa localizada em Curitiba-PR iniciou a implantação de um novo processo de fabricação, aumentando a sua gama de produtos. Entre novembro e dezembro de 2007 os índices de sucata registrados na máquina de formação de caixas de alumínio para um refrigerador doméstico eram de 7,56%. Esse índice comprometia o custo fabril, prejudicando a sua competitividade, demandando alguma ação para reduzi-lo.

Aproveitando o fato de um dos autores deste trabalho estar como colaborador de desenvolvimento de produtos e ser o responsável pela implantação da linha de fabricação deste produto, foi testada a aplicação do Seis Sigma para reduzir o problema identificado. Sendo assim, a metodologia foi aplicada seguindo as diretrizes do DMAIC. O objetivo inicial era reduzir a sucata de alumínio de 7,56% para 1,5%, no período de três meses, compreendido entre janeiro e março de 2008. Considerando um custo líquido de R$ 6,55 por quilograma de sucata e uma previsão de produção de 17.000 peças por mês, o objetivo era obter um retorno financeiro de R$ 6.353,41 por mês se a sucata caísse para 1,5%. O próximo item detalha o projeto Seis Sigma, explicitando cada fase.

3.2 Desenvolvimento do projeto

As cinco fases do DMAIC foram desenvolvidas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

Para definir o projeto foi constituída uma equipe com colaboradores de distintas áreas, cujas funções e papéis no projeto são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Equipe de projeto para a aplicação do Seis Sigma

Função na empresa	**Função no projeto 6 Sigma**	**Papel desempenhado no projeto 6 Sigma**
Diretor industrial	Executivo Líder	Incentivar o Seis Sigma na empresa e após a implantação das melhorias, avaliar o retorno financeiro.
Gerente industrial	*Champion*	Definir os membros da equipe para atuar no projeto.
Engenheiro de desenvolvimento	*Master Black Belt* (autor deste artigo)	Introduzir a aplicação da metodologia na empresa, auxiliar o *Champion* na escolha do projeto de melhoria, liderar a equipe envolvida e contribuir com o treinamento e instrução do *Black Belt* e dos *Green Belts*.
Analista de desenvolvimento	*Black Belt*	Norteado pelo *Master Black Belt*, auxiliar no treinamento e coordenação da equipe durante a aplicação das ferramentas Seis Sigmas no projeto de melhoria, contribuindo com o controle das etapas do projeto e com o cumprimento dos prazos estabelecidos.
Técnico da qualidade	*Green Belt*	Dedicar tempo parcial ao projeto Seis Sigma, auxiliando o *Master Black Belts* com a coleta de dados e com o desenvolvimento de experimentos.
Técnico de processo		
Técnico de manutenção		
Estatístico		
Operador de máquina	Suporte	Contribuir com o conhecimento tácito do processo de manufatura e participar durante o *brainstorming*, contribuindo para identificar as possíveis causas dos problemas identificados no processo de manufatura.
Auxiliar de produção		

As nomeações dos distintos papéis foram designadas pelo gerente industrial da empresa. O conhecimento que elas adquiriram sobre Seis Sigma ocorreu no decorrer do projeto, as quais também foram treinadas em algumas ferramentas estatísticas que se fizeram necessárias.

Na fase denominada medir, pelo fato de não haverem históricos de fabricação do produto estudado, os resultados foram monitorados e

registrados pelos operadores, supervisores e mantenedores, com a finalidade de levantar dados para o projeto em questão e criar um histórico para os futuros projetos de melhoria.

Para analisar os dados levantados no processo de fabricação, utilizou-se como apoio o *Diagrama de Ishikawa para* identificar as possíveis causas, além da equipe fazer um *brainstorming* para que nenhuma causa fosse negligenciada. Após as análises da equipe, se chegou ao resultado mostrado na Figura 1.

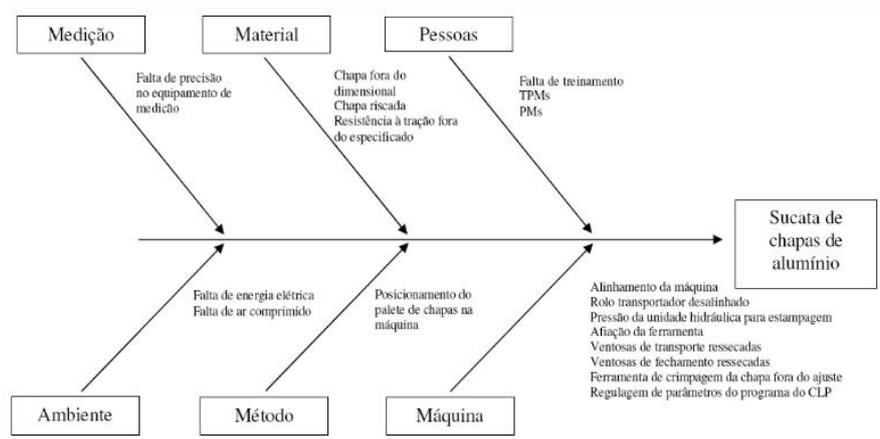



Figura 1: Diagrama de Ishikawa da célula de produção estudada
Fonte: Dados do estudo

Em função da falta de dados históricos do processo avaliado, a seleção das causas se baseou na experiência dos membros da equipe que desempenhavam funções operacionais no processo. Buscou-se atacar as possíveis causas de falhas identificadas no processo de manufatura que teriam maior impacto nos resultados finais. Sendo assim, apenas os itens relacionados à Máquina, ao Material e ao Método foram escolhidos para serem submetidos às melhorias. Esta delimitação foi necessária em função da necessidade de se apresentar resultados satisfatórios em tempo preestabelecido.

Depois de identificadas e selecionadas as possíveis causas que resultaram nos índices de sucata gerados em 2007, a equipe utilizou o FMEA, pontuando o grupo de risco das possíveis falhas, avaliando os índices de severidade, probabilidade de ocorrência e detecção. Neste projeto foram sugeridas ações corretivas imediatas para NPR acima de 100. Para NPR entre 80 e 100 foram programadas ações corretivas a curto prazo, visando melhorar ainda mais a eficiência do processo.

Por questões de sigilo, a empresa optou por não apresentar o FMEA de processo, já que este formulário contém informações detalhadas do processo de manufatura em questão. Porém, como exemplo, a Figura 2 apresenta o desenvolvimento de uma das falhas identificadas, sendo esta, uma das mais críticas no processo; alguns parâmetros definidos no programa de CLP (*Controlador Lógico Programável)* da máquina não estavam devidamente sincronizados com o restante do processo em questão.

Função do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial da Falha	SEVERIDADE	CLASSIFICAÇÃO	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	OCORRÊNCIA	Controles Atuais de Prevenção	Controles Atuais de Detecção	DETECÇÃO	NPR	Ações Recomendadas	Responsável e Prazo	RESULTADOS DAS AÇÕES				
													Ações Tomadas	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	NPR
Fabricação de caixas de alumínio	Falta de sincronia das etapas do processo de manufatura	Geração de sucata causada pela falta de sincronia das etapas de produção da máquina de formação de caixa de alumínio	7	DESEMPENHO DO PROCESSO	Parâmentros definidos no programa do CLP da máquina não estão devidamente sincronizados com o processo de manufatura real	9	Não há	Visual	2	126	Definir novos parâmetros para o CLP da máquina	Engenheiro responsável pelo processo 21/01/2008	Foram definidos novos parâmetros de regulagem para pontos do processo de manufatura que estavam fora de sincronia, ajustando os tempos de operação, como etapas de estampagem, movimentação, trsnaporte, velocidade de fechamento da chapa, velocidade da ferramenta de formção da caixa, entre outros, otimizando o processo de manufatura da máquina.	2	3	2	12

Figura 2: Planilha parcial do FMEA de processo desenvolvido no projeto

Em seguida, foram realizadas as melhorias, conforme as ações sugeridas na planilha do FMEA. É importante salientar que, devido ao curto prazo para o projeto, muitas melhorias foram realizadas simultaneamente, o que impossibilitou mensurar os impactos individuais de cada melhoria nos indicadores do processo.

Quanto ao controle, com o objetivo de garantir que o processo ocorresse de acordo com as diretrizes definidas neste projeto, foi elaborada uma instrução de trabalho para o desenvolvimento das caixas *freezer*. O objetivo foi o de garantir o método de operação do equipamento, além de estipular um procedimento para a identificação e rastreabilidade de "materiais não conformes" ou "suspeitos de não conformidades" para posterior avaliação da qualidade. Além disso, uma ficha de produção foi incluída para que os valores de produtividade e perdas do processo fossem lançados nos indicadores mensais da empresa.

Por se tratar de documentos internos aplicados a este e a outros processos da empresa, não foi possível apresentar neste artigo a instrução de trabalho e o procedimento criados para a identificação e rastreabilidade de materiais não conformes e a ficha de produção.

4. Resultantes do projeto

Este projeto de melhoria foi aprovado na reunião mensal dos indicadores industriais da empresa, realizado na primeira semana de abril de 2008. O projeto e os resultados obtidos foram apresentados a todos os interessados, transferindo a responsabilidade de controle do processo ao encarregado de produção da célula em estudo.

Após a implantação das melhorias no processo de manufatura, os resultados passaram a ser monitorados para lançamento dos novos indicadores do processo fabril estudado.

No gráfico de Pareto (Figura 3) pode ser observada a redução atingida no mês de janeiro de 2008, período de implantação da maioria das melhorias resultantes deste estudo. Nos meses subsequentes foi observada uma tendência de redução dos indicadores de sucata, os quais foram monitorados até junho de 2008. A média do índice de sucata gerada no processo de formação de caixa de alumínio, no primeiro semestre de 2008, foi de 1,02%, sendo menor do que a meta inicial do projeto, referente à 1,5%.

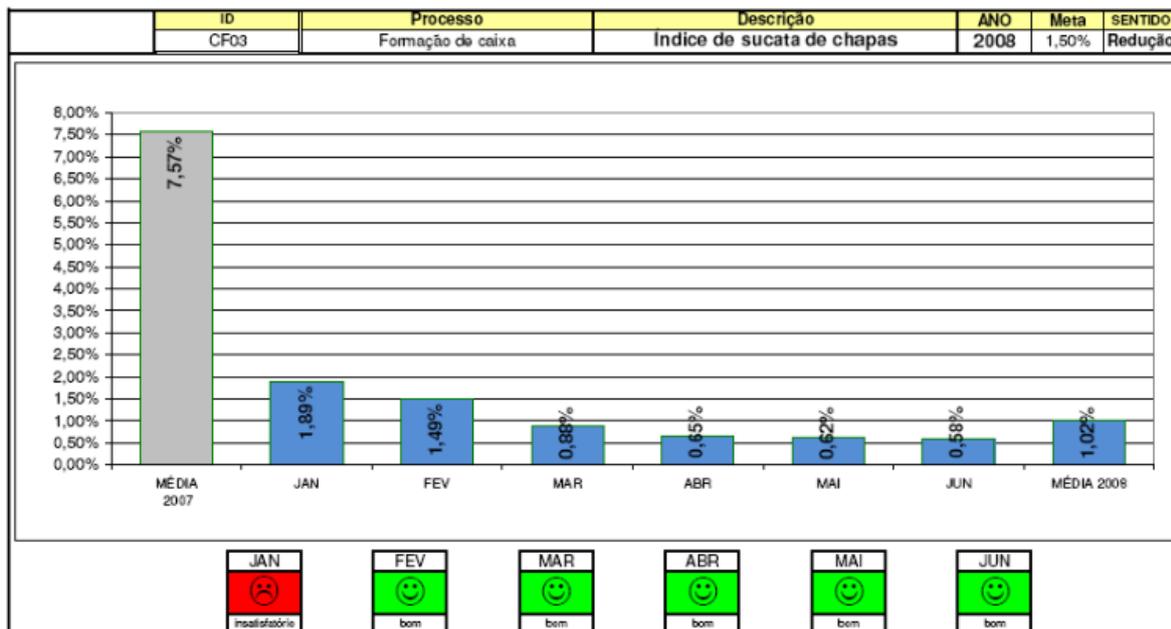



Figura 3 - Gráfico de Pareto com índice de sucata de chapas
Fonte: Dados do estudo

Após a implantação das melhorias sugeridas e a estabilização do processo após alterações, esse percentual caiu consideravelmente, chegando, em julho de 2008, a 0,58%. Ou seja, houve uma redução de 92,32% em relação ao nível de sucata inicial no processo estudado.

Estes índices representam uma redução de PPM (parte por milhão) de sucata de 75.700 para 5.800. Com tais valores, o processo que antes das implantações das melhorias enquadrava-se em um nível de 2σ, passou para o nível 4σ.

A recuperação financeira obtida com este projeto foi mensurada, considerando os percentuais de sucata de chapas de alumínio atingidos depois da implantação das melhorias sugeridas. Considerando o retorno financeiro de R$ 6.353,41 por mês (valor projetado para um mês de produção), constatou-se uma redução maior que a planejada. Para comparar a situação do processo antes deste projeto, foi calculado o custo com a não qualidade, mantendo o percentual de peças não conformes de 7,57%. O montante total, recuperado no primeiro semestre de 2008, foi de R$45.222,06. Esse valor foi obtido através do cálculo apresentado na Equação 1.

$$X = C \times [((A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6) \times B0) - ((A1 \times B1)+(A2 \times B2)+(A3 \times B3)+(A4 \times B4)+(A5 \times B5)+(A6 \times B6))]$$

Equação 1: Cálculo do montante recuperado no primeiro semestre de 2008.

O Quadro 2 apresenta a legenda referente a Equação 1.

Quadro 2. Legenda da equação

Legenda da equação	
X = Recuperação financeira no primeiro semestre de 2008 A1 = Quantidade produzida em janeiro de 2008 B1 = percentual de sucata em janeiro de 2008 A2 = Quantidade produzida em fevereiro de 2008 B2 = percentual de sucata em fevereiro de 2008 A3 = Quantidade produzida em março de 2008 B3 = percentual de sucata em março de 2008	A4 = Quantidade produzida em abril de 2008 B4 = percentual de sucata em abril de 2008 A5 = Quantidade produzida em maio de 2008 B5 = percentual de sucata em maio de 2008 A6 = Quantidade produzida em Junho de 2008 B6 = percentual de sucata em Junho de 2008 B0 = percentual de sucata acumulado em 2007 C = Custo líquido da sucata de chapa de alumínio

Fonte: Dados da pesquisa

Após o término deste trabalho, constata-se que ainda existe um percentual de perda no processo de manufatura estudado, o qual poderia vir a ser objeto de estudos futuros, em um segundo programa de melhoria. Nesse caso, é provável que seja necessário a utilização de recursos como DOE (Projeto de Experimentos), visando simular várias combinações de ajustes de máquina até se chegar a um resultado ótimo de processo.

5. Conclusão

Esse artigo apresentou o potencial da metodologia Seis Sigma para reduzir perdas em um processo de manufatura em uma empresa de médio porte da linha branca, seguindo as diretrizes do método DMAIC. O processo escolhido para teste foi o de fabricação de caixas freezer para refrigeradores domésticos, o qual foi implantado na empresa em novembro de 2007. Após a implantação, o índice de sucata relacionado às chapas de alumínio utilizadas no processo era de 7,57% por mês. A meta deste projeto era reduzir o índice de sucata para 1,5%.

Após o desenvolvimento do projeto *Seis Sigma* nesta linha de fabricação e a implantação das melhorias sugeridas para alguns pontos críticos identificados no processo, o índice médio semestral, contabilizado de janeiro a junho de 2008, foi de 1,02%, ou seja, 0,48% melhor do que se esperava. Tais percentuais resultaram em uma recuperação financeira, no primeiro semestre de 2008, superior a R$ 45.000,00. Esta economia abriu possibilidades de expandir o projeto de melhoria para outras etapas deste processo.

Apesar das dificuldades encontradas durante o desenvolvimento do projeto, pode-se afirmar que a metodologia é eficaz, já que a meta estipulada para este projeto foi implantada dentro do prazo, atingindo um índice de melhoria melhor do que o planejado. O processo se encontrava em um nível de 2σ e passou para o nível 4σ. Porém, ainda está longe de atingir o Seis Sigma desejado. Isso significa que o processo ainda apresenta pontos passíveis de melhoria com o aprofundamento do estudo, ficando esta continuidade como sugestão para trabalhos futuros.

Após este estudo, a empresa teve os conceitos da metodologia Seis Sigma difundidos e a constatação de seu potencial para melhorar processos de fabricação específicos. Com esta experiência, a empresa pretende seguir utilizando esta metodologia, visando reduzir prazos, custos e falhas, aumentando, assim, a sua competitividade no mercado.

Referências

[1] ANTONY, Jiju; KUMAR, Maneesh; MADU, Christian N. Six sigma in small-and medium-sized UK manufacturing enterprises: Some empirical observations. International Journal of Quality & Reliability Management, v. 22, n. 8, p. 860-874, 2005.

[2] ANTONY, Jiju. Can Six Sigma be effectively implemented in SMEs?.International journal of productivity and performance management, v. 57, n. 5, p. 420-423, 2008.

[3] ANDRIETTA, J. M. & MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa Seis Sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. Gestão e Produção. v. 4, n.2, mai-ago, 203-219. 2007.

[4] CARVALHO, M. M. Seleção de Projetos Seis Sigma. In: ROTONDARO, R. G.(Org.) Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria do processo, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.

[5] CORONADO, R.B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in organizations. The TQM Magazine, n. 2, v.14, p. 92-99. 2002.

[6] ECKES, G. A revolução Seis Sigma: O método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucros. Tradução do livro: The Six Sigma Revolution. Por Reynaldo Cavalheiro Marcondes. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

[7] FERNANDES, M. M. & TURRIONI, J.B. Seleção de projetos Seis Sigma: aplicação em uma indústria do setor automobilístico. Produção. v. 17, n. 3, set-dez, p 579-591. 2007.

[8] INGLE, S.; ROE, W. Six sigma black belt implementation. The TQM Magazine, v. 13, n. 4, p. 273-280, 2001.

[9] KAUSHIK, Prabhakar et al. A case study: Application of Six Sigma methodology in a small and medium-sized manufacturing enterprise. The TQM Journal, v. 24, n. 1, p. 4-16, 2012.

[10] KURATKO, Donald F.; GOODALE, John C.; HORNSBY e Jeffrey S. Quality practices for a competitive advantage in smaller firms. Journal of Small Business Management, v. 39, n. 4, p. 293-311, 2001.

[11] LINDERMAN, K. et al. Six Sigma: a goal-theoretic perspective. Journal of Operations Management, v. 3, n. 21, p. 193-203, 2003.

[12] LYNCH, D. P.; BERTOLINO, S.; CLOUTIER, E. T. How to scope DMAIC projects. Quality progress, year 36, p. 37-41. 2003.

[13] PALADY, P. FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: Prevendo e Prevenindo Problemas antes que ocorram. São Paulo: IMAM, p 270. 1997.

[14] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R.. Estratégia Seis Sigma: como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Qualitymark. Rio de Janeiro. 2001.

[15] PINTO, S. H. B. & LEE HO, L. Implementação de Programas de Qualidade: Um *Survey* em Empresas de Grande Porte no Brasil. Gestão e Produção. v. 13, n. 2, mai-ago, p 191-203. 2006.

[16] PMBOK. Um Guia de Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos-Official Brazilian Project. 5 ed. Global Standard. 2013.

[17] PYZDEK, T. The Six Sigma Project Planner A Step-by-Step Guide to Leading Six Sigma Project Through DMAIC. United Stades of America : McGraw-Hill Companies, Inc. 2003.

[18] RAGHUNATH, A.; JAYATHIRTHA, R. V. Barriers for implementation of Six Sigma by Small and Medium Enterprises. International Journal of Advancements in Research & Technology, v. 2, n. 2, p. 1-7, 2013.

[19] ROSENAU, M. D. The PDMA Handbook of New Product Development. Califórnia. Product Development & Management Association - PDMA. 1996.

[20] ROTONDARO, R. G. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. 1. Ed. São Paulo: Editora Atlas S.A. 2002.

[21] SANTOS, A. B. & MARTINS, M. F. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. Gestão e Produção. v. 15, n. 1, jan-abr, p 43-56. 2008.

[22] STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. 2. ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press. 494 p. 2003.

CAPÍTULO 10

IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA: UMA PESQUISA EXPLORATÓRIA EM UMA EMPRESA HOSPITALAR

Luciana Resende da Silva
Vitor Hugo dos Santos Filho
Lo-Ruana Karen Amorim Freire Sanjulião
Hadeniel Gomes de Oliveira
Franciely Suênil Lopes da Silva

Resumo*:* Devido a grande competitividade no mercado empresarial, e a busca constante das empresas por ferramentas da qualidade visando à satisfação do cliente, a redução de custo e o aumento da qualidade, de modo que se mantenham competittivas no mercado, a metodologia Seis Sigma vem para auxiliar no alcance dos objetivos das empresas, utilizando-se de conceitos estatísticos e fundamentanda em dados, gerando um processo de melhoria contínua. Este artigo tem como objetivo apresentar uma pesquisa exploratória e de carater quantitativo em uma empresa do ramo hospitalar, demostrando o passo a passo para o cálculo do Nível Sigma. O projeto foi realizado por meio do setor de Controle de Qualidade da empresa, tendo em vista demonstrar o nível sigma em que a empresa estava, auxiliando à tomada de decisões para a melhoria continua, tanto do ponto de vista do aumento da qualidade e confiabilidade do produto quanto para a redução de custos, e vantagens competitivas estratégicas no respectivo ramo de atuação. Atualmente, muitas organizações têm alcançado muitos benefícios através do Seis Sigma, ao possibilitar a redução da variabilidade dos processos, utilizando a Estatística. Como resultado da pesquisa, pôde se verificar que a probabilidade da empresa estudada enviar produtos não conformes para o mercado é de menos de 1% e que esta possui o nivel sigma 4, e foram propostas melhorias como diminuição do refugo gerado pelo processo.

Palavras Chave*:* Seis Sigma, Qualidade, Hospitalar

1. Introdução

O período global atualmente vivenciado pelas empresas é extremamente competitivo o que exige aperfeiçoamento e mudanças contínuas nas empresas que querem se sobressair. Para obter lucro e se manter no mercado é necessário que a empresa tenha uma gestão eficiente e eficaz. Baseado nisso a qualidade é vista como um ponto crítico de sucesso seja para obter a satisfação do cliente ou até mesmo na realização de mudanças para atingimento da redução de custos. O ramo hospitalar compartilha dessa realidade, e ao possuir um mercado em crescente competitividade, as empresas que compõem esse ramo tem que criar situações para se diferenciar de seus concorrentes e aumentar sua competitividade.

Diante desse cenário a metodologia Seis Sigma, de maneira formidável e eficiente, contribui para o sucesso da organização, pois segundo Hoff (2005), ele utiliza a estatística para analisar a variabilidade dos processos, permitindo identificar as oportunidades de melhoria.

A metodologia Seis Sigma é bastante abrangente, pois contempla uma variedade de etapas que envolvem: planejamento, mensuração e determinação de prioridades para os procedimentos realizados, visando à melhoria contínua (SANTOS E MARTINS, 2010).

Segundo Rebelato et.al (2014), o Lean Seis Sigma (LSS) é uma ferramenta que auxilia na qualidade total dos produtos e na redução de custos, mostrando o caminho para a melhoria continua da empresa, auxiliando para que se posicionem de forma competitiva no mercado de negócios.

Diante desse contexto, o trabalho teve como objetivo geral a Implantação da Metodologia Seis Sigma apresentando o passo a passo do cálculo do nível sigma em uma empresa do ramo hospitalar, mais especificamente que produz produtos hospitalares, para verificação da qualidade dos produtos fornecidos aos clientes e tendo como base esse cálculo propor melhorias para o aumento do nível sigma calculado. Como objetivos específicos: coletar os dados necessários; calcular o nível sigma da empresa estudada; verificar pontos de melhorias para o processo; e verificar a probabilidade de enviar produtos não conformes para o cliente.

Justificando o estudo, têm-se o pequeno número de pesquisas realizadas nesse ramo de empresas. Atualmente não existem indícios de trabalhos voltados para o cálculo do nível sigma em empresas do ramo em estudo, sendo que esse artigo poderá abrir espaço para estudos futuros desse tipo peculiar de produção de produtos hospitalares.

Sobre a estrutura do trabalho, o mesmo conta com uma breve introdução sobre o tema, apresentando os objetivos (geral e específicos) e justificativa, na sequência o referencial teórico aborda temas como Conceito de Seis Sigma e sua história. O próximo tópico aborda os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento do trabalho. Na sequência é apresentada uma visão geral sobre a empresa em estudo. O tópico seguinte apresenta os resultados da avaliação, e a proposta de melhorias para o sistema em estudo. Para finalizar são apresentadas as considerações finais e as referências bibliográficas utilizadas ao longo do trabalho.

2. Referencial Teórico

2.1. Metodologia Seis Sigma

“Sigma é a letra grega que representa a unidade estatística de medição que define o desvio-padrão de uma população. Mede a variabilidade ou distribuição dos dados” (CONE, 2001, p. 31). Segundo McAdam e Lafferty (2004), Sigma pode ser considerado também a quantidade que um determinado processo varia.

Segundo Cleto e Quinteiro (2011), o nome Seis Sigma é uma referência à letra Sigma “σ“ do alfabeto grego, que representa a unidade de desvio-padrão de uma distribuição normal de valores ou medidas, sendo este um método quantitativo que busca a redução da variabilidade dos processos e aumento da qualidade dos produtos e processos. O programa Seis Sigma envolve ferramentas estatísticas já conhecidas e que já faziam parte da qualidade para eliminação de defeitos. (TRAD; MAXIMINIANO, 2009).

De acordo com Harry e Schroeder (2000), Seis Sigma é um instrumento eficiente na estratégia de negócios, pois utiliza de métodos estatísticos simples para alcançar a excelência operacional. Para Yang (2008), com relação à melhoria de processo, a metodologia Seis Sigma procura aumentar o

desempenho e diminuir a variação do mesmo, resultando na redução de defeitos e melhoria qualidade do produto.

A origem do Seis Sigma está num trabalho de geração de ideias (*benchmarking*) conduzido pela Motorola na década de 80, quando esta procurou crescimento nas vendas e aumento da qualidade dos produtos. Tendo esse objetivo, a empresa procurou buscar através de pesquisas, empresas conhecidas pelos altos padrões de qualidade e níveis elevados de satisfação do cliente. Os resultados dessa pesquisa das melhores empresas, as tais "*best-in-class*", foram próximos a 3,4 falhas por milhão, que é equivalente ao nível de seis sigma. A partir desta comprovação, a Motorola estabeleceu como meta a obtenção do Seis Sigma. (FIGUEIREDO, 2007).

Devido às exigências cada vez maiores em termos de qualidade e produtividade, no final da década de 80, a Motorola começou a utilizar um método de trabalho para melhoria de seus produtos e processos, esta então passa a se denominar de Seis Sigma (CLETO; QUINTEIRO, 2011). O sucesso obtido pelo programa fez com que outras empresas adotassem essa metodologia, tais como a Sony, a Asea Brown Boveri (ABB), e a principal a General Eletric.

Conforme Souza et al. (2009), as empresas médias tinham taxas de falhas numa faixa de 3000 a 10000 por milhão de procedimentos, o que é equivalente a um nível Sigma de 3 a 4. Enquanto os resultados das melhores empresas, eram próximos a 3,4 falhas por milhão, o que é equivalente ao nível de 6 Sigma (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela simplificada de conversão em Sigma

Seu nível de perfeição é...	Se DMPO é...	Seu Sigma é...
30,90%	690000	1
69,20%	308000	2
93,30%	66800	3
99,40%	61210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: Pande, Neuman, Cavanagh (2001)

Segundo Hoff (2005), Seis Sigma é medir o desempenho calcular quantos Sigma (Nível Sigma) existem até que ocorra a insatisfação do cliente.

Mahanti e Antony (2009) identificaram que a aplicação do Seis Sigma tem tornado possível às empresas, além de produzirem com maior qualidade, melhorarem o desempenho de seus processos e dos produtos, obtendo maior produtividade, reduzindo custos e aumentando a satisfação dos clientes.

Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2001) o Seis Sigma é um sistema abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. O Seis Sigma é singularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análises estatísticas e a atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios.

Os projetos Seis Sigma em uma empresa são selecionados por uma equipe que é composta pelo Champion, Master Black Belt, Black Belts e Green Belts (Wilson, 1999), estas pessoas são treinadas para implantar e realizar as escolhas de atividades importantes dentro de um processo. A escolha de um projeto com qualidade irá ter resultados rápidos e significativos, já a adoção de projetos sem potencial pode ocasionar na ausência ou atraso de resultados, fazendo com que se torne um fracasso no projeto. Para a implantação do projeto Seis Sigma pode-se adotar indicadores de desempenho do processo para controlar a sua melhoria, tais como: índices de refugo, índices de retrabalho, índices de produtividade, índices de não conformidade, custo do produto, reclamações do cliente. (FERREIRA, FERREIRA, 2015).

A Metodologia Seis Sigma não se prende apenas a área de qualidade, mas ao processo como um todo, pois o Seis Sigma visa ajudar a empresa a melhorar seus processos de forma contínua e sustentável, por meio da capacitação de colaboradores. Essa metodologia de melhor desempenho de processos, melhor aproveitamento de recursos materiais e melhor atendimento ao cliente, reforçada por elevados investimentos

em treinamento faz com que o Seis Sigma consiga promover o atendimento aos objetivos da empresa (SCATOLIN,2005).

2.2. DMAIC

De acordo com Fraz (2003) e Ferreira e Ferreira (2015), aliado a metodologia do Seis Sigma pode ser utilizada uma ferramenta bastante conhecida para a solução de problemas mais complexos chamada de DMAIC, esta serve como diagnóstico dos problemas. É proveniente do termo em inglês: Define, Measure, Analyze, Improve, Control, esta ferramenta auxilia na identificação dos problemas e possíveis soluções do mesmo relatando cada passo a ser realizado. Utilizando esse conjunto de etapas bem definidas, que utiliza de várias ferramentas e técnicas estatísticas para que se atinja a melhoria dos processos e a qualidade dos produtos. Segue uma descrição das etapas do DMAIC:

a) Define (Definir): Para definir os projetos Seis Sigma são identificados para serem desenvolvidos na empresa, com o objetivo de primeiro satisfazer as expectativas dos clientes em termos de qualidade, preço e prazo de entrega. Podemos utilizar também a ferramenta *Team Charter*, que ajuda a definir a situação do negócio, a oportunidade de projeto, o objetivo, o escopo do projeto, o plano do projeto e a seleção de equipe;

b) Measure (Medir): Nesta etapa são realizadas ações relacionadas à mensuração do desempenho de processos e à quantificação da sua variabilidade. Por meio da equipe, são identificadas as "Variáveis de Entrada de Processos Chave" (KPIVs) e as "Variáveis de Saída de Processos Chave (KPOVs);

c) Analyse (Analisar): Serão analisados os dados dos processos estudados, com o objetivo de conhecer as relações causais e as fontes de variabilidade e de desempenho insatisfatório destes processos, visando a melhoria dos mesmos. As ferramentas utilizadas são: visualização de dados, testes de hipóteses, análise de correlação e regressão e análise de variância;

d) Improve (Melhorar): Esta etapa consiste no desenvolvimento de Projetos de Experimentos (DOE), com o objetivo de conhecer a fundo cada processo, através da mudança estrutural de níveis de operação. O DOE auxilia a identificar o ajuste das variáveis-chave para modificar e otimizar o referido processo;

e) Control (Controlar): Nesta última etapa são implementados diversos mecanismos para monitorar o desempenho de cada processo. Entre as técnicas adotadas, destacam-se as seguintes: Cartas de Controle (*Target Chart, Nominal Chart, Z Chart, CUSUM Chart*), Planos de Controle, Testes de Confiabilidade e Processos à Prova de Erros.

2.3. Métricas Seis Sigma

Rudisill (2004) sugere que as métricas mais comuns em uma metodologia Seis Sigma são:

- DPMO (Defeitos Por Milhão de Oportunidades): Definida pelo número de defeitos vezes 1.000.000 dividido pelo número de unidades e multiplicado pelo número de oportunidades por unidade;
- Cpk: Distância entre a média do processo e o mais próximo limite de especificação dividido por 3 sigma, onde considera sigma como o desvio padrão do processo;
- COPQ (*Cost of Poor Quality* ou Custo da Baixa Qualidade): Os custos da qualidade baixa são aqueles associados com perdas ou desperdício, retrabalho;
- Nível Sigma: Número de desvio padrão, entre a média do processo e o mais próximo dos limites de especificação.

O método padrão para se determinar o Defeito por Milhão de Oportunidades (DPMO) é utilizar os dados reais do processo, analisar a quantidade de defeitos/oportunidades que estão fora dos limites de especificação do cliente, e colocar na escala de milhões de oportunidade. (SCATOLIN, 2005).

2.4. Implantação Seis Sigma

A princípio todas as empresas, de pequeno ou grande porte podem adotar a Seis Sigma. Porém, é necessário ressaltar, alguns pontos:

- Seis Sigma é para a empresa se fortalecer na sua posição competitiva nos mercados e reduzir custos;
- Seis Sigma exige certos investimentos iniciais, destinados a implantação da infraestrutura de suporte, treinamento de especialistas, planejamentos das ações, aquisições de softwares;

- O sucesso da Seis sigma está na direção que a empresa conduz o processo de mudança e como os colaboradores participam a fim de permitir que o planejamento seja realizado em detalhes.

Os fatores críticos para a implantação da Seis Sigma, segundo Antony e Banuelas (2002) são:

[1] Envolvimento e comprometimento da gerência;

[2] Entendimento da metodologia, ferramentas e técnicas do Seis Sigma;

[3] Empregar Seis Sigma na estratégia de negócios;

[4] Empregar Seis Sigma com os consumidores;

[5] Seleção, revisão e seguimento de projeto;

[6] Infraestrutura organizacional;

[7] Mudança de pensamento;

[8] Habilidades de gerenciamento de projeto;

[9] Empregar Seis Sigma com os fornecedores;

[10] Treinamento;

[11] Empregar Seis Sigma nos funcionários (RH).

3. Material e métodos

A metodologia utilizada para o desenvolvimento do trabalho foi a pesquisa exploratória desenvolvida por meio da pesquisa bibliográfica que permite coleta de dados gerais, pertinentes ao tema em questão, disponibilizados em artigos, livros, sites e revistas especializadas.

Pode-se destacar esta pesquisa como quantitativa no tocante ao tipo de abordagem, por abranger dados numéricos provenientes das medições para avaliar o nível sigma da empresa.

A coleta de dados foi realizada por meio de consulta aos dados já coletados pelos setores de Controle de Qualidade e Produção da empresa durante o ano de 2015, compreendendo os meses de janeiro a dezembro.

A empresa objeto do estudo atua há mais de 20 anos no ramo de produtos hospitalares em Minas Gerais, São Paulo e Santa Catarina. Esta possui 03 unidades produtivas, 01 Extrusora (Unidade A), 01 Dispositivo (Unidade B), 01 Injeção (Unidade C). As unidades produtivas produzem: Equipos, Torneiras, Sonda, Bisturis, Coletores, Drenos, Bolsas, entre outros produtos. A empresa tem um controle de qualidade próprio, com inspeções por amostragem, conforme a Norma ABNT 5426. Os produtos passam por 03 tipos de inspeções:

- Inspeção de Recebimento: Inspeção em todos os componentes utilizados na produção dos produtos. Realizada antes da montagem do produto;
- Inspeção de Processo: Inspeção em produtos semiacabados. Realizada de hora em hora, durante a montagem do produto;
- Inspeção Final: Inspeção em produtos acabados. Realizada de hora em hora, antes dos produtos serem expedidos para a Esterilizadora ou para o Centro de Distribuição.
- Para o cálculo do Nível Sigma foram utilizados os dados das Inspeções de Processo e Inspeções Final, realizadas pelo Controle de Qualidade da empresa e elaboradas tabelas e gráficos do Excel para facilitar os cálculos e verificação dos resultados.

5. Resultados e discussão

Na empresa e suas respectivas unidades (A, B e C), objetos de análise são feitas avaliações do produto pelo setor de Controle de Qualidade, através de inspeções por amostragem, conforme a NBR5426, como forma de acompanhamento das Não-Conformidades (NCs) encontradas, que podem ser de ordem funcional, visual ou dimensional.

O modelo antigo, de análise, dispunha de informações como Número de peças selecionadas, número de peças refugadas, número de horas gastas com a seleção e os custos destas horas, pois o objetivo desse sistema era de controlar o número de peças refugas e as horas gastas.

As principais finalidades dessas análises é a discussão dos resultados com as áreas que

originaram as NCs. Porém, o modelo antigo não contemplava a probabilidade de enviar peça não conforme para o cliente. Diante dessa nova realidade, montou-se outro Indicador de desempenho, mais detalhado e com foco na probabilidade de mandar peças não conformes para o mercado.

Para atingir os objetivos do projeto, foi realizada a gestão através da metodologia DMAIC dividida em cinco etapas descritas a seguir.

5.1. Definir

Foram determinadas as condições para os requisitos de aceitação dos clientes, com intuito de atender as especificações do produto. Foi detectado um alto índice de refugo, encontrado no processo de fabricação, não conformidades do tipo erros de montagem e falha de selagem, ocasionando peças não conforme (peças com defeito).

5.2. Medir

Para o cálculo de níveis sigma foi necessário coletar os dados. Para isso foi imprescindível a busca em fontes confiáveis de dados. O setor de Controle de Qualidade e Produção disponibilizaram os dados resultantes de suas medições diárias para a realização das medições e avaliações do nível sigma.

Com os dados foi possível levantar as informações de: não conformidades encontradas durante o processo, número de peças refugadas, número de peças amostradas e a quantidade de peças produzidas.

5.3. Analisar

Foi utilizado o Excel para a realização dos cálculos e gráficos, permitindo visualizar os problemas existentes no processo. Os dados das não conformidades são registrados em formulários do próprio controle de qualidade, na qual são planilhados possibilitando a extração dos mesmos. Para a coleta de dados foi elaborado uma tabela (Tabela 2), na qual ficam registrados todos os dados necessários para o cálculo sigma.

Tabela 2 - Tabela para coleta de dados

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Reprovado (Nº Peças)													
Amostra Visual (Nº Peças)													
Segregado (Nº Peças)													
Amostrado (Nº Peças)													
Oportunidades de Defeito													

Fonte: Dos Autores

Nesta, são preenchidos os seguintes dados:

a) Reprovado: Peças não conformes, ou seja, é aquela peça que não atende aos requisitos de aplicação determinados pelas especificações. Unidade de medida: n° peças;

b) Amostra Visual: Amostras inspecionadas visualmente pelo controle de qualidade de hora em hora. Unidade de medida: n° peças;

c) Segregado: peças que serão selecionadas devido ter sido encontrado a não conformidade neste lote. Unidade de medida: n° peças;

d) Unidades Avaliadas: soma do número de peças da amostra visual e das peças selecionadas. Unidade de medida: n° peças;

e) Oportunidade de Defeito: são os tipos de possíveis defeitos nas peças avaliadas.

Após o preenchimento da tabela, os dados foram transferidos para a Tabela 3.

Tabela 3 - Tabela para cálculo do nível sigma

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Defeitos													
Unidades avaliadas													
Oportunidades													
DPU													
DPO													
DPMO													
Nível Sigma													

Fonte: Dos Autores

Sendo considerado defeito o número de peças reprovadas por não conformidades internas durante a seleção da mesma. DPU é o defeito por unidade. DPO é o defeito por oportunidades. DPMO é o defeito por DPO*100000 PPM.

Segundo FEBRES (2012) a fórmula utilizada para o cálculo do nível sigma:

$$Z = 0,8406+ \sqrt{(29,37 - 2,221 * \ln (DPMO)}$$

Após a realização do cálculo, foram obtidos os resultados, conforme apresentado nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4 - Cálculo do nível sigma da Unidade A

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Defeitos	1.980	3.123	46.791	2.288	2.320	3.485		7.709	9.944	7.313	3.941	19.839	9.885
Unidades avaliadas	154.490	287.145	428.255	147.099	135.148	215.593		261.025	314.384	281.175	195.255	94.478	228.550
Oportunidades	6	6	7	6	6	8		9	9	8	9	8	7
DPU	0,013	0,011	0,109	0,016	0,017	0,016		0,030	0,032	0,026	0,020	0,210	0,045
DPO	0,002	0,002	0,016	0,003	0,003	0,002		0,003	0,004	0,003	0,002	0,026	0,006
DPMO	2.136	1.813	15.609	2.592	2.861	2.021		3.282	3.514	3.251	2.243	26.248	5.961
Nível Sigma	4,357	4,409	3,654	4,295	4,263	4,375		4,218	4,195	4,221	4,342	3,439	4,161

Fonte: Dos Autores

Pode-se verificar por meio do cálculo realizado que o nível sigma da Unidade A ficou entre 3 e 4, sendo a média anual de 2015 de 4,161. No mês de dezembro teve-se o menor nível sigma, 3,439, isso se deve ao fato de o número de unidades avaliadas ter sido menor que nos meses anteriores e o número de peças refugas ter aumentado.

Tabela 5 - Cálculo do nível sigma da Unidade B

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Defeitos	4.043	1.542	6.063	8.423	4.478	5.609		13.243	6.678	10.647	5.989	4.471	6.471
Unidades avaliadas	86.933	231.665	301.420	297.448	388.309	396.460		633.680	504.270	611.230	663.705	474.415	417.230
Oportunidades	5	7	7	7	7	8		7	8	8	6	7	7
DPU	0,047	0,007	0,020	0,028	0,012	0,014		0,021	0,013	0,017	0,009	0,009	0,018
DPO	0,009	0,001	0,003	0,004	0,002	0,002		0,003	0,002	0,002	0,002	0,001	0,003
DPMO	9.301	951	2.874	4.045	1.647	1.768		2.986	1.655	2.177	1.504	1.346	2.751
Nível Sigma	3,853	4,605	4,262	4,148	4,439	4,417		4,249	4,437	4,351	4,467	4,501	4,339

Fonte: Dos Autores

Pode se verificar por meio do cálculo realizado que o nível sigma da Unidade B ficou entre 3 e 4, sendo a média anual de 2015 de 4,339. Janeiro teve-se o menor nível sigma, 3,853, isso se deve ao fato de o número de unidades avaliadas ter sido menor que nos outros meses.

Tabela 6 - Cálculo do nível sigma da Unidade C

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
Defeitos	7.120	1.754	6.568	2.377	5.134	13.596		10.995	17.162	4.102	6.174	6.869	7.441
Unidades avaliadas	183.590	214.946	357.904	227.600	170.908	175.549		184.845	159.429	167.133	142.804	163.918	195.330
Oportunidades	10	12	12	9	11	10		12	12	12	10	9	11
DPU	0,04	0,01	0,02	0,01	0,03	0,08		0,06	0,11	0,02	0,04	0,04	0,042
DPO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01		0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,004
DPMO	3.878	680	1.529	1.160	2.731	7.745		4.957	8.971	2.045	4.323	4.656	3.880
Nível Sigma	4,16	4,70	4,46	4,55	4,28	3,92		4,08	3,87	4,37	4,13	4,10	4,238

Fonte: Dos Autores

Pode se verificar por meio do cálculo apresentado que o nível sigma da Unidade C ficou entre 3 e 4, sendo a média anual de 2015 de 4,238. Em setembro teve-se o menor nível sigma, 3,87, isso se deve ao fato do número de defeitos (peças reprovadas), ter sido alto (17162 peças). Após obtido os resultados dos níveis sigma das Unidades A, B e C, separadamente, foi realizado um comparativo (Tabela 7) para verificação do melhor nível sigma.

Tabela 7 - Comparativo de nível Sigma das Empresas A, B e C

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	Média
Empresa A	4,357	4,409	3,654	4,295	4,263	4,375		4,218	4,195	4,221	4,342	3,439	4,161
Empresa B	3,853	4,605	4,262	4,148	4,439	4,417		4,249	4,437	4,351	4,467	4,501	4,339
Empresa C	4,162	4,703	4,462	4,546	4,278	3,921		4,079	3,867	4,371	4,126	4,100	4,238

Fonte: Dos Autores

De acordo com média anual do nível sigma das unidades A, B e C, que as mesmas possuem o nível sigma em torno de 4, isso significa que o nível de perfeição gira em torno de 99,4%.

5.4. Melhorar

Para aumento do nível sigma em 2016, foi sugerida a redução de reprovados durante processo de montagem do produto. Para que ocorra essa redução será necessário conscientizar os colaboradores sobre a importância de se montar o produto corretamente, para que não ocorram desperdícios tanto de mão de obra quanto de materiais, e sobre a importância de se colocar produto com qualidade no mercado, uma vez que os produtos fabricados são utilizados para salvar vidas, além disso, a empresa ganha credibilidade e confiabilidade diante de seus clientes.

5.5. Controlar

Os resultados serão controlados e acompanhados através de indicadores mensais, de acompanhamento do nível sigma da empresa, números de refugos e de não conformidades originadas no processo.

6. Considerações Finais

Realizando o estudo notou-se a necessidade e relevância do aprimoramento contínuo das empresas diante do cenário de alta competitividade no qual elas estão inseridas. Dando destaque à utilização da metodologia Seis Sigma para que a empresa alcance melhor desempenho em suas atividades. O estudo apresentou detalhadamente o cálculo do nível sigma, verificando que as unidades A, B e C, estão no nível sigma 4, isto é, 6210 defeitos por milhão.

Através dos cálculos foi possível averiguar que a probabilidade das unidades A, B e C em enviar produtos não conformes para o mercado é de menos de 1%, com isso chega-se a conclusão que o nível de perfeição da empresa gira em torno de 99,4%.

A dificuldade desta pesquisa se deu devido ao pequeno número de pesquisas nesse ramo de empresa, dificultando referências para implantação deste cálculo. Como melhorias

no processo foi proposta a redução das peças reprovadas durante o processo produtivo, através de diminuição do número de não conformidades durante o processo e a necessidade de conscientizar e ministrar treinamentos aos colaboradores, sobre a importância de fabricar os produtos com qualidade para que possam salvar vidas. Através desse projeto foi identificada a necessidade de cálculo do nível sigma de outras unidades da empresa. Como sugestão para trabalhos futuros, temos a aplicação do mesmo em outras empresas do ramo hospitalar, a fim de comprovar os dados encontrados.

Referências

[1] ANTONY, J.; BANUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of six sigma program. Measuring Business Excellence. Coventry, n. 6, p. 20-27, abr. 2002.

[2] CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. Revista Produção Online. v.11, n.1, mar. 2011.

[3] CONE, G. 6- Sigma, um programa em ascensão. HSM Management, São Paulo. HSM do Brasil, n. 4, jan.-fev. 2001, p. 28-33. Disponível em:<http://www.revistaproducaoengenharia.org/arearestrita/arquivos_internos/artigos/3106_40.pdf. Acesso em: 15 de mar. 2016.

[4] FEBRES, Gustavo. Metodología seis sigma en el proceso de empastado para la elaboración del acumulador eléctrico plomo-ácido, Dissertação (Mestrado profissional), 2012.

[5] FERREIRA, A. R.; FERREIRA, P. R., Implantação da metodologia seis sigma para melhoria de processo, utilizando o ciclo o DMAIC. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza – CE, 2015.

[6] FIGUEIREDO, T. G. Metodologia Seis Sigma como Estratégia para Redução de Custos. 40 p. Monografia. Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), 2007.

[7] FRAZ, L. A. S. Análise Crítica de um projeto de Seis Sigma em uma indústria petroquímica. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção, área de Concentração: Qualidade). Porto Alegre, 2003.

[8] HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations. New York: Doubleday, 2000.

[9] HOFF, C. H. Y. Avaliação dos Resultados da Aplicação da Estratégia Seis Sigma em um Restaurante Industrial. 2005. Dissertação (Mestrado em Gestão e Desenvolvimento Regional) – Universidade de Taubaté, 2005. Disponível em:<http://www.ppga.com.br/mestrado/2005/hoff-claudia_hitomi_yokomizo.pdf>. Acesso em: 15 de Mar. 2016.

[10] MAHANTI, R.; ANTONY, J.. Six Sigma in the Indian software industry: some observations and results from a pilot survey. The TQM Journal, v. 21, n. 6, p. 549-564, 2009.

[11] MCADAM, R.; LAFFERTY, B., "A multilevel case study critique of Six Sigma: statistical control or strategic change?", International Journal of Operations & Production Management, 24, v. 24, n. 5, p. 530-549. 2004.

[12] PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R., The Six Sigma way team fieldbook: An implementation guide for process improvement teams. McGraw Hill Professional, 2001.

[13] REBELATO, M. G.; RODRIGUES, A. M.; SIMIONI, P. M. P. Implantação da metodologia lean seis sigma: estudo de caso em uma empresa industrial. XXXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, PR. 2014.

[14] RUDISILL, F., DRULEY, S. Which Six Sigma Metric Should I use? Quality Progress, 37 no.3, pp.

[15] 104, mar. 2004.

[16] SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F., Contribuições do Seis Sigma: estudos de caso em multinacionais. Revista Produção, v. 20, n. 1, p. 42-53, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/2010nahead/aop_200605031.pdf,> . Acesso em: 05 de Mai. De 2016

[17] SCATOLIN, A. C., Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura. Dissertação (Mestrado profissional), Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2005. 137 p.

[18] SOUZA, L. M.; RIBEIRO, J. I. J; REIS, G. M; IDE, M. S., Eficiência dos gráficos de controle Xbarra, ewma e cusum. Revista Eletrônica Produção e Engenharia, v. 1, n. 1, p.81-94, set/dez 2008. Disponível em:<http://www.revistaproducaoengenharia.org/arearestrita/arquivos_internos/artigos/3106_40.pdf>. Acesso em: 14 de março de 2016.

[19] TRAD. M; MAXIMIANO, A. C. A. Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. RAC, Curitiba, v. 13, n. 4, art. 7, p. 647-662, Out./Dez. 2009.

[20] WILSON, M. P., Six Sigma, Understanding the Concept, Implications and Challenges. Advanced Systems Consultants, Universidade da Virgínia,1999.

CAPÍTULO 11

ANÁLISE DOS EFEITOS QUANTO A IMPLANTAÇÃO DE UMA METODOLOGIA PARA REDUÇÃO DE INTERRUPÇÕES PERMANENTES EM REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CAUSADAS POR FALHAS DESCONHECIDAS ATRAVÉS DE EQUIPAMENTOS AUTOMATIZADOS

Maicon Jaderson Silveira Ramos
Renato Boer
Tiago dos Santos Antunes
Fabio Antonio Sartori Piran

Resumo: o objetivo do trabalho é analisar o efeitos quanto ao comportamento de um sistema de distribuição de energia elétrica através da mineração e análise dos dados, de modo a implementar uma metodologia de Operação e Proteção personalizada nos equipamentos, adaptando-se as diferentes características das regiões, horários do dia e períodos do ano, reduzindo assim o volume das interrupções transitórias. O estudo é orientado por análises estatísticas através da metodologia Seis Sigma, aplicadas em uma empresa distribuidora de energia elétrica no estado do Rio Grande do Sul. A aplicação do Seis Sigma no setor elétrico é algo ainda recente e pouco explorado, apesar disto após aplicação da metodologia, teste piloto e extrapolação da filosofia proposta ao longo do trabalho, obteve-se resultados positivos. Os efeitos observados mostram uma redução de 37% das interrupções transitórias na rede de média tensão e uma redução no custo de R$ 1,2 milhão considerando horas extras e multas devido ao volume de tais interrupções.

Palavras Chave: Falha Transitória; Religador Automático; Seis Sigma; Proteção Personalizada

1. Introdução

Devido à necessidade de fornecimento contínuo e confiável de energia elétrica, torna-se necessário o rápido reestabelecimento nos casos de interrupções no fornecimento. As interrupções representam elevados custos para as concessionárias, pois além da perda de receita, há necessidade do deslocamento de equipes de manutenção, eventuais indenizações e possíveis compensações financeiras pelo serviço inadequado, entre outros. As redes aéreas de distribuição de energia estão sujeitas a defeitos permanentes ou transitórios, e as consequências destes defeitos dependem da eficiência do sistema de proteção utilizado (MAMEDE, 2005).

Uma solução cada vez mais adotada dentro das distribuidoras, e que contribui para um melhor desempenho do sistema frente aos defeitos transitórios ocorridos, são os religadores microprocessados automatizados. Devido ao incremento de automação, controle e telecomunicação, as concessionárias de energia estão buscando novas formas de operação e otimização do sistema de distribuição. Assim, entende-se como relevante desenvolver trabalhos que visam, por exemplo, explorar a potencialidade dos religadores telecomandados na busca por reduções das interrupções por defeitos transitórios em chaves fusíveis de média tensão, uma vez que o número elevado de interrupções por causas desconhecidas geram custos desnecessários para as distribuidoras de energia, além de insatisfação por parte dos clientes.

Este trabalho se propõe a analisar os efeitos quanto ao desenvolvimento de uma metodologia capaz de identificar oportunidades e aplicações, capaz de reduzir tais interrupções. Desta forma, o objetivo principal do trabalho é analisar os efeitos quanto ao comportamento de um sistema de distribuição de energia através da mineração e análise dos dados, de modo a implementar uma metodologia de Operação e Proteção personalizada nos equipamentos, adaptando-se as diferentes características das regiões, horários do dia e períodos do ano, reduzindo assim o volume das interrupções transitórias. O estudo é orientado por análises estatísticas através da metodologia Seis Sigma.

2. Referencial Teórico

2.1 Falhas em Redes de Distribuição

Devido à necessidade da sociedade atual quanto ao uso da energia elétrica, espera-se que quando houver uma interrupção, ocorram ações para que o restabelecimento do fornecimento seja efetuado o mais breve possível (RAMOS, 2014). Para isso as redes de distribuição de energia são equipadas com eficientes sistemas de proteção, normalmente baseados em sobre correntes elétricas, provenientes de sobrecargas ou curtos-circuitos ao longo da rede. Mamede (2011) salienta que os curtos-circuitos correspondem às falhas mais severas em um sistema de distribuição de energia.

As distribuidoras de energia elétrica normalmente acompanham os dados estatísticos das interrupções em seus sistemas. Estes dados são avaliados, a fim de identificar possíveis causas raízes e elaboração de planos de manutenção (CAMARGO, 1996). No contexto brasileiro em termos gerais, as causas das interrupções podem ser distribuídas da seguinte forma: Fenômenos naturais: 48%; Falhas em equipamentos ou componentes: 12%; Falhas humanas: 9%; Falhas diversas: 9%; Falhas operacionais: 8%; Falhas na proteção e medição: 4%; Objetos estranhos sobre a rede: 4%; Condições ambientais: 6% (MAMEDE, 2011).

2.2 Religador Microprocessado

Os religadores são dispositivos sofisticados e estão cada vez mais sendo instalados pelas distribuidoras de energia elétrica no Brasil, pois, estes oferecem amplos recursos de proteção, medição, automação e controle, sendo um dispositivo de extrema importância na evolução de sistemas *Smart Grid* (inteligente). Uma definição simples e objetiva sobre o religador é que, este é um dispositivo de proteção para sobrecorrentes que opera quando detecta uma corrente de curto-circuito, desligando e religando automaticamente a rede elétrica.

Para Comassetto (2008) os religadores minimizam defeitos transitórios não só nas redes protegidas diretamente por eles, mas também nas redes protegidas pelas chaves fusíveis a jusante dos religadores, pois permitem o uso de curvas rápidas ou instantâneas. A utilização da curva rápida tem

sido pouco usada pelas distribuidoras, pois estas geram muitas interrupções de curta duração, uma vez que os defeitos transitórios são muito comuns nos sistemas de distribuição onde se predomina nas redes aéreas.

2.3 Seis Sigma

A letra grega Sigma (σ) é utilizada pelos estatísticos para medir a variação em qualquer processo, sendo assim, pode-se resumir o Seis Sigma como uma metodologia que busca controlar o processo reduzindo a variabilidade (PYZDEK; KELLER, 2011; JACOBS, SWINK, LINDERMAN, 2015). Ainda que utilize ferramentas complexas, suas aplicações são feitas com um modelo simples para melhoria de processo, mundialmente conhecido como DMAIC (*define, measure, analyse, improvement, control*). A aplicação do método é sustentada por ferramentas estatísticas, sendo que cada uma possui potencial para solucionar específicos problemas. Idealmente, espera-se sempre trabalhar dados que possam ser representados por uma distribuição normal, pois esta facilita a análise e consequente atuação.

2.4 Metodologia de Pesquisa

Para desenvolver a investigação foi adotado um estudo de caso como abordagem metodológica de pesquisa. Os estudos de caso são apropriados quando é necessária uma compreensão em profundidade em campos de pesquisa não completamente explorados (DUBÉ, PARÉ, 2003). Neste sentido, o estudo foi conduzido da seguinte forma: i) definição do estudo de caso, ii) projeto do modelo DMAIC (*define, measure, analyse)*; iii) analise dos resultados do modelo DMAIC projetado (*improvement, control).*

2.5 Estudo de Caso

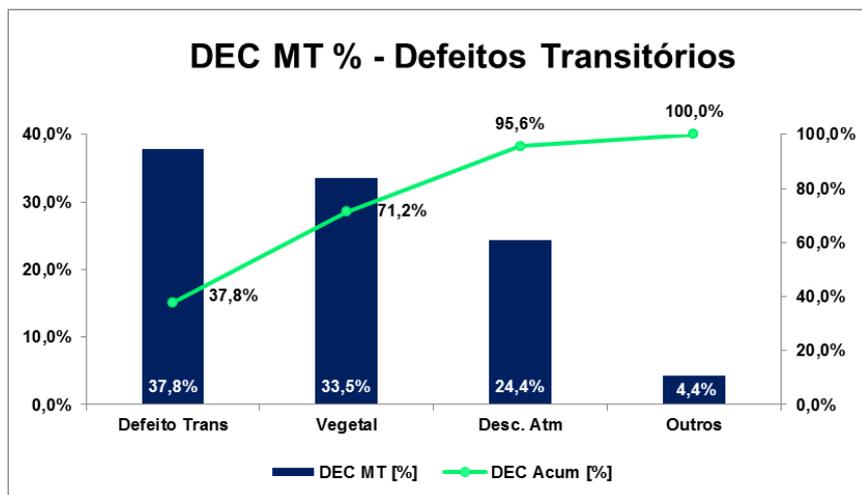
O estudo de caso desenvolvido e apresentado neste trabalho atuou diretamente na rede de média tensão da distribuidora de energia elétrica AES Sul situada no estado do Rio Grande do Sul, integrando conhecimento de engenharia em sistemas de potência, sustentado pela metodologia Seis Sigma. A metodologia Seis Sigma permitiu analisar inúmeros dados disponíveis no banco de dados da empresa, entender o processo relativo às interrupções, desenvolver planos de ações de curto prazo e médio prazo. Para um melhor entendimento referente à aderência do método Seis Sigma no trabalho, o estudo de caso e as aplicações práticas estão divididas de modo a representar o DMAIC.

2.6 Projeto do Modelo DMAIC

2.6.1 Fase de Definição (*Define*)

Segundo relatos da empresa existe um elevado volume de interrupções transitórias em chaves fusíveis de média tensão ao longo do ano. No ano de 2013, aproximadamente 17 mil interrupções transitórias (duração maior que 3 minutos) foram registradas na AES Sul em dias não críticos. Este alto volume de interrupções pode ser parcialmente justificado pelas redes aéreas extensas, as quais atendem regiões rurais do estado. Apesar do objetivo inicial do trabalho ser a redução de interrupções, iniciou-se o trabalho de avaliação através das contribuições das interrupções frente ao DEC Global da empresa, dada a importância deste indicador para a AES Sul junto ao órgão regulador (ANEEL). Após análise dos dados, percebeu-se que a contribuição do DEC s/expurgo durante os anos de 2013 e 2014, representam em média 43% dos defeitos transitórios.

Na AES Sul a causa dita transitória pode ser classificada basicamente em seis tipos: defeito transitório, descarga atmosférica, vegetal, jogos de bola, pássaros na rede e ninhos. A Figura 1 apresenta o gráfico de Pareto com as 3 causas mais impactantes no DEC Global da AES Sul. Para o estudo, a interpretação abordada é que estas três causas se fundem em uma única grande causa.

Figura 1 - Gráfico de Pareto com as causas transitórias que impactam no DEC da AES Sul

Fonte: Empresa (AES Sul)

Os dados acumulados das três principais causas demonstradas no gráfico de Pareto representam em média 17 mil interrupções anuais em chaves fusíveis em redes de média tensão, já eliminados os dados referentes aos dias críticos. Desta forma o escopo final fica limitado a trabalhar nas interrupções transitórias em redes de média tensão, ocorridas em dias normais, onde não existem interferências externas (condições climáticas desfavoráveis).

2.6.2 Fase de Medição (*Measure*)

Durante a fase de medição buscou-se identificar quais os dados são relevantes para análise. Adicionalmente foi medido o nível sigma do processo através do índice de capabilidade por atributos, que apresentou um resultado inicial de 2,13 (nível Sigma). Nesta fase também desenvolveu-se o macro fluxo do processo.

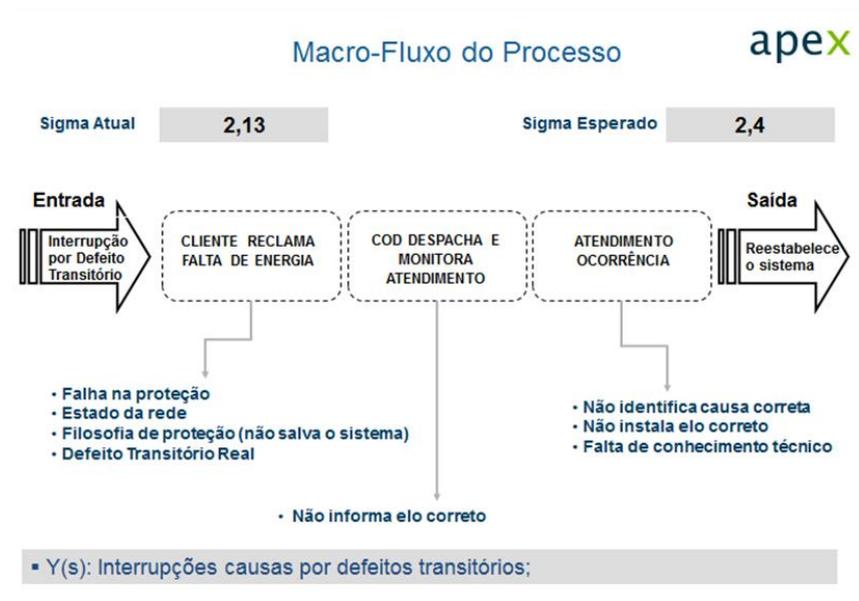



Figura 2 - Macro fluxo do processo envolvendo a interrupção transitória
Fonte: Empresa (AES Sul)

Para análise dos dados, estes foram organizados em diferentes cenários, a fim de entender o comportamento das redes de média tensão na AES Sul, frente ao volume de interrupções transitórias. Os cenários estudados foram estruturados através da distribuição das interrupções por hora, sendo importante destacar neste ponto que o registro da hora inicial é obtido conforme a reclamação do cliente, não sofrendo interferência da concessionária, demonstrando assim que os dados utilizados não possuem nenhuma manipulação. A Figura 3 apresenta a distribuição das interrupções transitórias durante os anos de 2011, 2012 e 2013, não sendo considerados os dias críticos, uma vez que isto poderia distorcer a análise. Ao observar o gráfico da Figura 3, percebe-se que a distribuição das interrupções transitórias segue um mesmo padrão de comportamento quando agrupadas por hora.

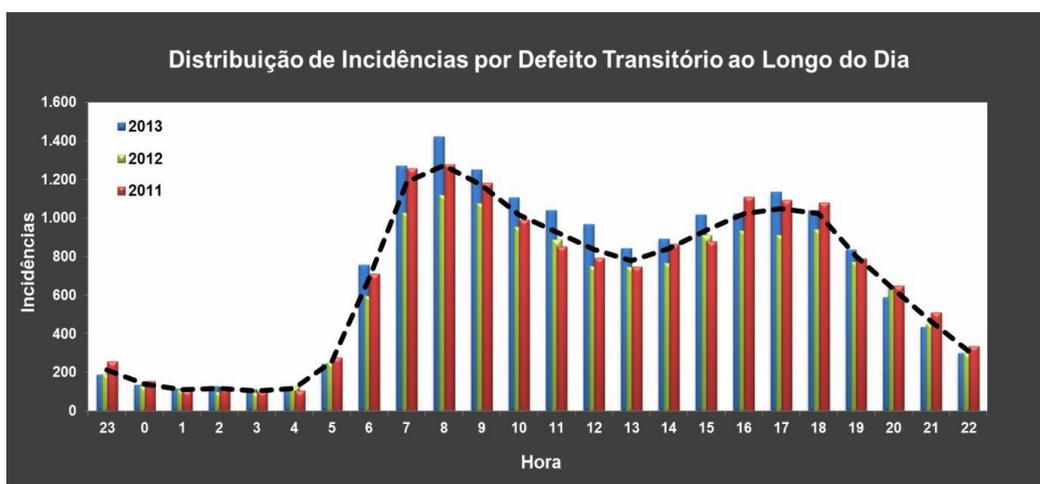



Figura 3 – Distribuição das interrupções transitórias em redes de média tensão.
Fonte: Empresa (AES Sul)

Após uma primeira avaliação dos dados de interrupções transitórias por hora, agrupadas em amostras anuais, analisou-se também os dados em diferentes períodos do ano, a fim de investigar o comportamento do sistema frente a diferentes características de carga e temperatura ambiente.

As Figuras 4 e 5 apresentam os dados para dois diferentes períodos do ano, sendo apresentados dados para o verão (novembro até fevereiro) e dados para o inverno (março até outubro). As Figuras 4 e 5 também apresentam o acumulado das interrupções ao longo das 24h, onde se percebe que mesmo em anos diferentes e períodos diferentes, o comportamento natural do sistema se mantém. Também é possível perceber pela Figura 5 que houve aumento significativo de interrupções transitórias no período da tarde, justificado pelas altas temperaturas registradas no estado do Rio Grande do Sul no último verão (2013/2014).

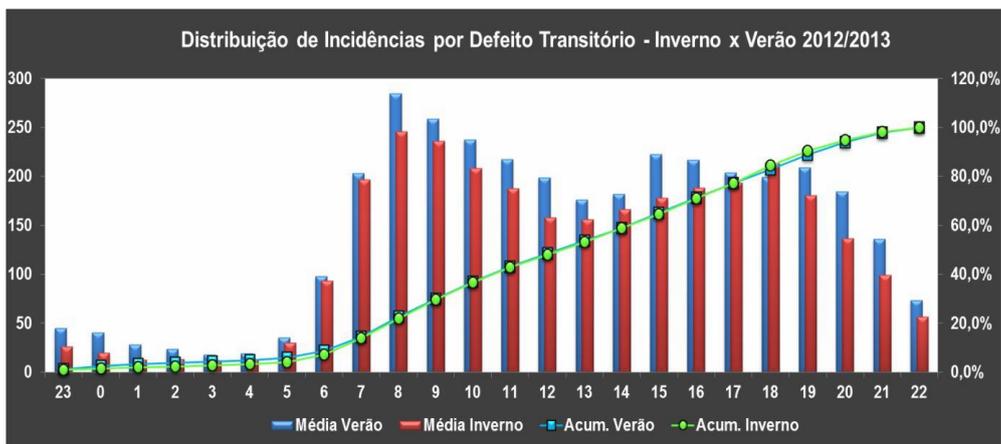



Figura 4 - Interrupções transitórias durante o inverno 2012 versus verão 2012/2013.
Fonte: Empresa (AES Sul)

Figura 5 - Interrupções transitórias durante o inverno 2012 versus verão 2013/2014.
Fonte: Empresa (AES Sul)

2.6.3 Fase de Análise (*Analyse*)

Ao analisar os dados estratificados por hora e por períodos do ano, percebeu- se que as características de variação se mantêm iguais, sendo diferente somente a amplitude da quantidade de interrupções. Este comportamento do sistema frente às interrupções transitórias demonstra que nos últimos anos, a distribuição das interrupções transitórias ao longo do dia distribuiu-se de forma equivalente entre os anos. Quando comparados os últimos anos, após uma avaliação estritamente numérica, é possível perceber uma característica semelhante no comportamento do sistema. A Figura 6 apresenta o resumo dos dados compilados para os anos de 2011 até 2013.

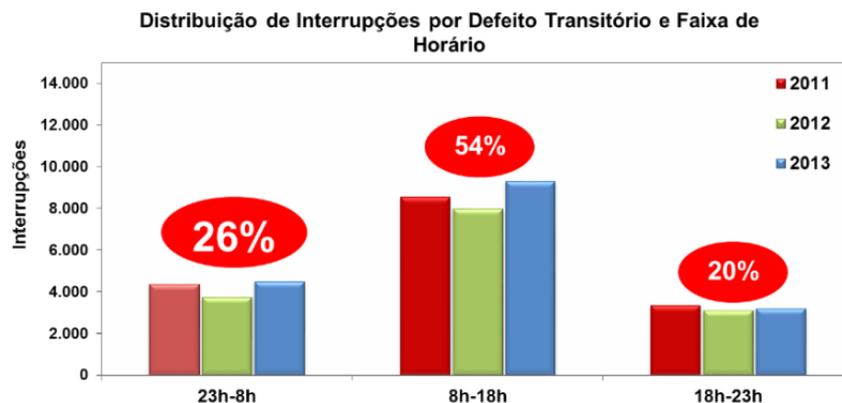
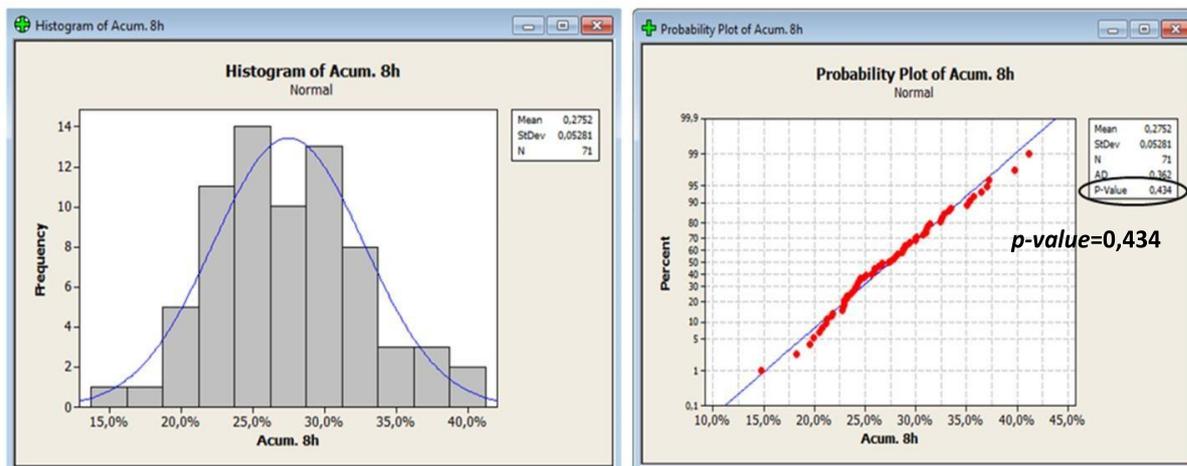



Figura 6 - Dados compilados das interrupções transitórias em média tensão.
Fonte: Empresa (AES Sul)

Apesar do comportamento dos dados da Figura 6 indicar uma tendência de similaridade no comportamento do sistema durante período da madrugada (entre 23h e 8h), os dados foram estratificados para cada subestação existente na área de concessão da AES Sul. Com base nos dados das 71 subestações foi observado o período da madrugada (intervalo entre 23h e 8h, a fim de investigar o comportamento para com diferentes sistemas de média tensão), sendo possível perceber que as diferentes subestações possuem comportamentos similares quando observado os percentuais de falhas transitórias acumuladas por faixa de hora.

Desta forma, optou- se por trabalhar nos eventos que ocorrem durante a madrugada (23h às 8h). Após definido o escopo da oportunidade, os dados de 2013 das 71 subestações acumulados entre 23h e 8h foram submetidos ao teste de normalidade, com o intuito de confirmar que independentemente da subestação, a rede de distribuição da AES Sul possui o mesmo comportamento natural para com defeitos transitórios em chaves fusíveis, quando observado um período anual de dados. Salientando ainda que estes dados não são poluídos por dias críticos (dias de temporais onde o volume de interrupções cresce consideravelmente).

A Figura 7 apresenta o histograma dos dados e os resultados do teste de normalidade feitos no *software* Minitab, o qual apresentou um *p-value* de 0,434, sendo considerada uma distribuição normal (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Figura 7 - Histograma e teste de normalidade via software Minitab.

Fonte: Empresa (AES Sul)

Em relação ao teste de normalidade, é importante destacar que, a fim de garantir uma correta interpretação dos resultados, o teste de normalidade foi extrapolado para os dados referente aos anos de 2011, 2012 e 2014, sendo que, em todos os testes os dados apresentam normalidade. A correta interpretação deste resultado é de extrema importância para possíveis ações. Neste caso, é possível afirmar que independentemente da subestação, o sistema em questão apresentará ao longo de um ano, aproximadamente 27% das interrupções transitórias em chaves fusíveis no intervalo das 23h até às 8h, com desvio padrão de mais ou menos 5,2%. Esta confirmação aumenta a confiabilidade de que uma ação direcionada para este período pode gerar resultados positivos, ao longo de um ano e ao longo do período de concessão da referida distribuidora de energia.

2.6.4 Aplicação Prática e Resultados

Conforme resultados apresentados, aproximadamente 27% das falhas transitórias ocorrem no período da madrugada. De modo a conter os atuais índices de falhas, buscou-se identificar nos religadores microprocessados já instalados nas redes da AES Sul uma oportunidade de melhoria na filosofia de operação do sistema.

2.6.5 Fase de Melhoria (*Improvement*)

A utilização da curva rápida em religadores, busca evitar que os defeitos transitórios queimem os elos fusíveis das chaves fusíveis de proteção. Este tipo de operação pode gerar reclamações por parte dos clientes, uma vez que as constantes operações do equipamento durante o período que os clientes utilizam a energia geram incômodo aos mesmos.

Diante da dificuldade de utilizar este recurso disponível nos religadores microprocessados, realizou-se um *benchmarking* com as principais distribuidoras de energia do Brasil, de modo a verificar as melhores práticas adotadas por tais empresas na parametrização dos religadores de distribuição. O foco da consulta foi direcionado para utilização dos religadores em redes de distribuição, utilização em zonas urbanas e rurais e quais recursos diferentes dos adotados pela AES Sul são utilizados. O quadro da Figura 8 apresenta o resumo da pesquisa.

Figura 8 – Resumo do Benchmarking realizado com distribuidoras brasileiras.

Empresa	RLs RD	Zona Urbana	Zona Rural	Utiliza Algum Recurso Diferente da AES Sul?
AES Sul	Sim	Sim	Sim	-------
energisa	Sim	Sim	Sim	Proteção Rápida (Somente em temporal)
RGE	Sim	Sim	Sim	Não
CEEE	Sim	Sim	Sim	Não
Celesc	Sim	Sim	Sim	Não
AES Eletropaulo	Sim	Sim	Sim	Não

Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

Após analisar os dados obtidos pelo *benchmarking* percebe-se que existe uma oportunidade de melhoria através da proteção rápida dos religadores telecomandados e que outras empresas já tiverem problemas com a utilização de tal método de proteção. A partir do relato da empresa Energisa que utiliza as proteções rápidas em religadores somente durante ocorrência de condições climáticas desfavoráveis (temporais), surgiu à proposta de utilizar configurações de proteção personalizadas.

A ideia foi personalizar o sistema de proteção para diferentes períodos do dia, períodos do ano e diferentes regiões, explorando as oportunidades existentes no período da madrugada. O período da madrugada representa 27% das interrupções transitórias ao longo de um ano, período este também

onde a distribuidora possui a menos capacidade de atendimento (equipes de eletricistas em campo) para restabelecimento do fornecimento de energia.

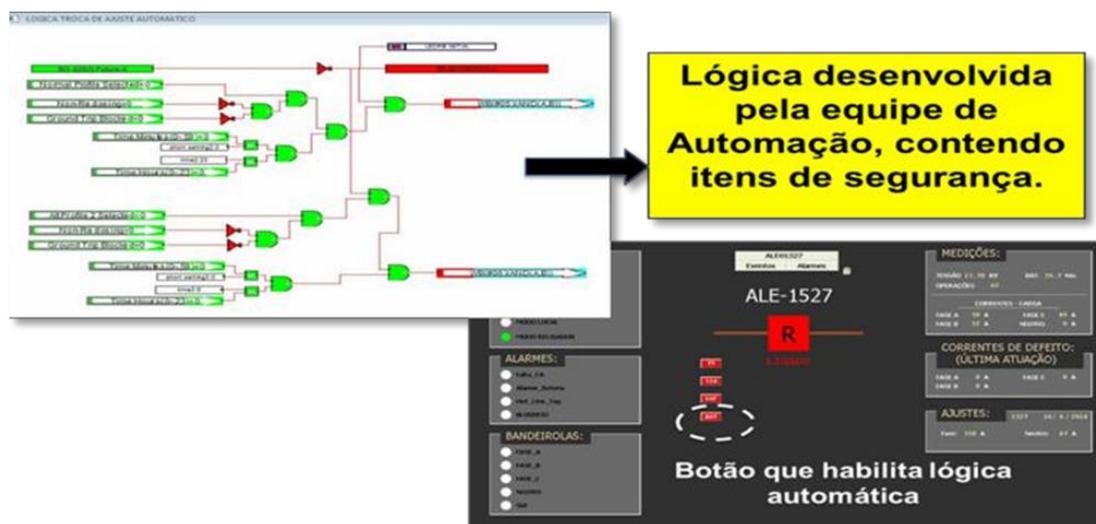
Figura 9 – Impacto das interrupções transitórias que ocorrem no período da madrugada.
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

A personalização do sistema de proteção em religadores microprocessados somente é viável devido a estes equipamentos possuírem controles inteligentes e comandos remotos, o que permite controlá-los em tempo real. A implementação de lógicas inteligentes dentro do equipamento permite alterar o comportamento das redes de distribuição no período selecionado (neste caso entre 23h e 8h). A lógica apresentada na Figura 10 faz com que o equipamento altere sua filosofia de operação automaticamente às 23h de cada dia, retornando a operação normal às 8h de cada dia. Está lógica também garante critérios de segurança a fim de manter a segurança do sistema de distribuição e das pessoas que nele interagem.

Figura 10 – Lógica elaborada e implementado nos religadores microprocessados.

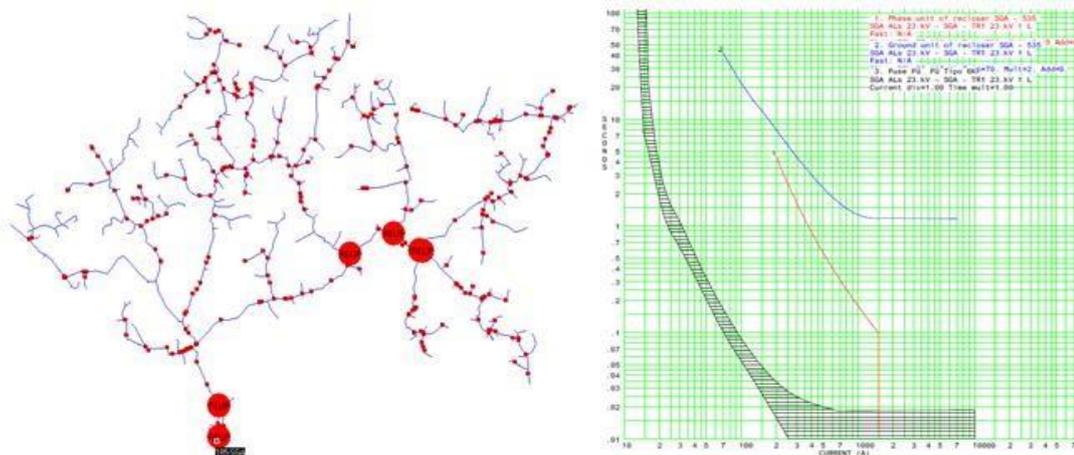
Lógica desenvolvida pela equipe de Automação, contendo itens de segurança.

ALE-1527

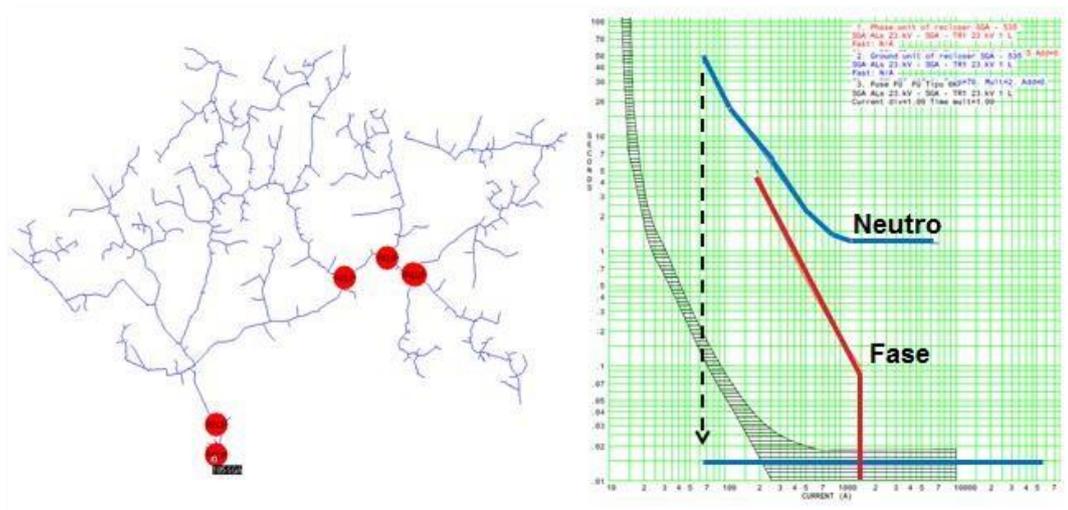
Botão que habilita lógica automática

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

Ao ser utilizada a lógica de proteção personalizada durante o período das 23h até às 8h o sistema terá seu comportamento similar à retirada de todas as chaves fusíveis existentes a frente do referido religador. A Figura 11 apresenta o comportamento do sistema de distribuição frente à filosofia de operação clássica, onde as curvas do religador são posicionadas acima das curvas dos fusíveis, mantendo o sistema seletivo. Esta filosofia é mantida no período das 8h até às 23h, período onde grande parte dos

clientes utiliza a energia elétrica e não é interessante a existência de pequenas oscilações.

Figura 11 - Filosofia clássica de proteção com religadores e chaves fusíveis.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

A Figura 12 apresenta o comportamento do sistema de distribuição frente à filosofia de operação personalizada utilizada no período da madrugada, onde é posicionada uma curva instantânea de neutro abaixo dos elos dos fusíveis, passando o sistema a operar de forma coordenada e não mais seletiva. Destaca-se que a operação da curva instantânea de neutro somente atuará para a primeira interrupção, voltando à curva temporizada logo após o primeiro religamento do equipamento. No caso de realmente existir um defeito na rede, após o primeiro religamento o elo fusível queimará, interrompendo a falta corretamente. Caso o defeito tenha sido sanado pelo religamento do religador, após 60 segundos a curva temporizada volta a ser instantânea.

Figura 12 - Filosofia de proteção proposta com religadores e chaves fusíveis.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

Para colocar em prática a proposta do sistema de proteção personalizado nos 1.300 equipamentos existentes nas redes da AES Sul, optou-se por primeiro realizar um teste

piloto em duas regiões onde a ocorrência de defeitos transitórios na rede de média tensão é elevada. As regiões selecionadas foram as cidades de São Gabriel na região Central do estado do Rio Grande do Sul e Dois Irmãos na região Metropolitana.

Estas duas regiões representam mais de 110 mil habitantes, atendidos por 11 alimentadores de média tensão e com 13 religadores microprocessados ao longo das redes. O período do piloto compreendeu-se entre 22/4/14 e 23/6/14, sendo que para adequações dos equipamentos em campo não foram necessários recursos financeiros, uma vez que os trabalhos foram feitos com recursos próprios da empresa.

2.6.6 Fase de Controle (*Control*)

Após iniciar o projeto piloto nas duas regiões selecionadas, os 13 religadores ajustados para operar de forma inteligente foram monitorados e controlados durante os dois meses de projeto. A análise foi efetuada através de um controle estatístico de processo (CEP) onde foi possível monitorar os equipamentos que mais eliminaram as interrupções transitórias e o montante geral de interrupções evitadas.

Durante os dois meses de piloto não foram registradas anomalias nos equipamentos testados, assim também como nenhuma reclamação por parte dos clientes devido ao aumento de pequenas interrupções no período da madrugada. Ao término do projeto piloto percebeu-se que o resultado obtido na região de São Gabriel foi uma redução de 37%. A Figura 13 apresenta um resumo dos ganhos obtidos com a redução de interrupções, tempo de atendimento (TA) e custo com horas extras.

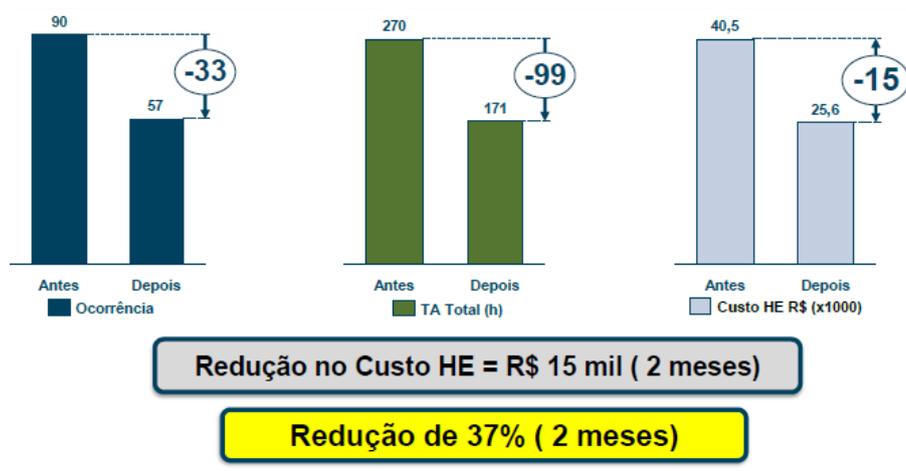
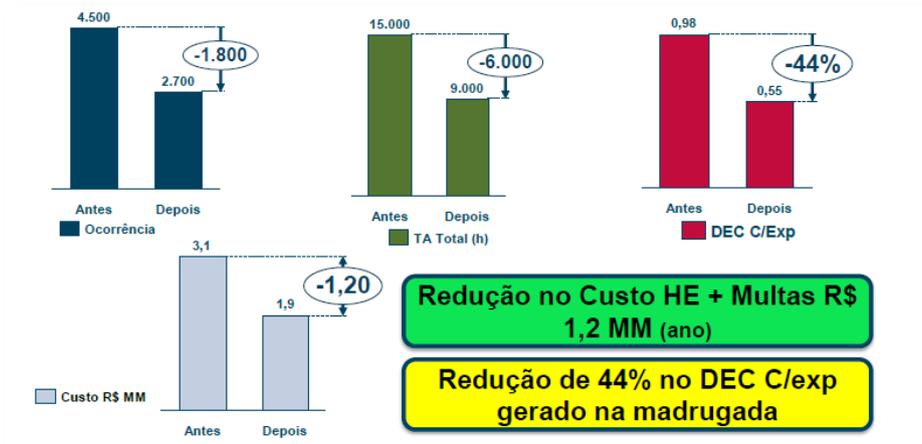



Figura 13 – Resumo dos ganhos obtidos pelo projeto piloto para região de São Gabriel.
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

3. Resultados Finais

Ao validar o projeto piloto através dos ganhos apresentados pela Figura 13, pode-se confirmar o potencial da metodologia proposta de se operar o sistema de distribuição com uma filosofia de proteção personalizada. Diante disto, a metodologia foi extrapolada para toda área de concessão da AES Sul, deixando de fora somente a região onde predomina o levante hidráulico para irrigação de lavouras. No geral foram ajustados 300 religadores de modo que todos estes de forma automática alteram seu modo de funcionamento às 23h. Todas as mudanças são reportadas ao Centro de Operação para controle e acompanhamento. Como projetado, às 8h o sistema retorna a configuração de origem, sendo também reportado ao Centro. A Figura 14 apresenta os resultados obtidos ao implementar a filosofia de proteção proposta nos 300 religadores selecionados através da análise do especialista da proteção.

Figura 14 - Resumo dos ganhos obtidos, ao aplicar o projeto em toda a AES Sul.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados da empresa

Um ponto importante a ser esclarecido no ganho de 44% na redução do DEC, é que este refece-se aos 37% de redução das interrupções transitórias mais o aumento da disponibilidade das equipes de atendimento que ao não precisar atender as ocorrências da madrugada estavam disponíveis para atender as novas ocorrências. A diferença de 7% de ganho no DEC global da empresa pode ser atribuída ao aumento da disponibilidade das equipes

4. Conclusão

Este trabalho apresentou um estudo desenvolvido através da metodologia Seis Sigma, a qual se propôs a analisar os efeitos quanto a redução das interrupções transitórias através de mudanças na filosofia de proteção, adotando ajustes personalizados nos religadores microprocessados. Foi possível perceber ao longo do trabalho a importância de analisar os dados de forma estatística e de forma detalhada, a fim de identificar as verdadeiras causas dos problemas e o comportamento do sistema.

A redução anual de R$ 1,2 milhão demonstra o ganho financeiro alcançado sem a necessidade de investimentos, sendo o resultado alcançado através dos recursos já existentes na rede de distribuição da AES Sul. É importante também destacar o aprendizado ao longo do projeto na busca pela melhoria contínua na operação do sistema elétrico, destaca-se que através do trabalho organizado e bem definido foi possível explorar recursos que antes não estavam sendo utilizados, porém disponíveis na empresa. Ainda dentro das tecnologias disponíveis, é possível expandir a adequação desta filosofia de proteção personalizada através dos relés das subestações, porém este ainda não foi testado neste trabalho, ficando como uma oportunidade a ser explorada com o passar do tempo.

Outro ponto a ser destacado é o potencial da metodologia Seis Sigma na melhoria de processos, apesar de pouco difundida dentro do setor elétrico, o potencial do método fica evidenciado quando observado os dados levantados neste trabalho e as conclusões que foram possíveis de se obter. A aplicação da metodologia é muito poderosa para organização das ideias e identificação das melhores oportunidades de atuação, de modo a trazer sempre os melhores resultados para o negócio em questão.

Referências

[1] AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Procedimentos da distribuição - PRODIST. Módulo 8 – Qualidade de Energia, revisão 4, Fev., 2012.

[2] CAMARGO, C. de B. *Gerenciamento pelo lado da demanda: Metodologia para identificação do potencial de conservação de energia elétrica de consumidores residenciais*. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1996.

[3] COMASSETTO, L. *Algoritmos Heurísticos de Otimização da Proteção e Manobra em Redes de Distribuição de Energia*. Tese de Doutorado – Pós Graduação em Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

[4] DUBÉ, L.; PARÉ, G. Rigor in information systems positivist case research: current practices, trends, and recommendations. Mis Quarterly, n. 27, v. 4, p. 597-636, 2003.

[5] JACOBS, Brian W.; SWINK, Morgan; LINDERMAN, Kevin. Performance effects of early and late Six Sigma adoptions. Journal of Operations Management, v. 36, p. 244-257, 2015.

[6] MAMEDE, J, F. Manual de equipamentos elétricos. 3. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2005.

[7] MAMEDE FILHO, J.; MAMEDE, D. R. Proteção de Sistemas Elétricos de Potência. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2011. 605p.

[8] MONTGOMERY, D, C.; RUNGER, G, C. Applied Statistics and Probability for Engineers. New York, USA: John Wiley e Sons, Inc, 3ª ed. 2003. 703p.

[9] PYZDEK, T.; KELLER, P. Seis Sigma “Guia do Profissional”. Rio de Janeiro, RJ: Alta Books, 3ª ed. 2011. 560p.

[10] RAMOS, M.; RAVANELLO, H.; SARAIVA, D, P. Estudo de Topologia de Redes de Média Tensão com foco em desempenho de Indicadores de Continuidade. Em: SENDI 2014 XXI Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica. Santos, SP, 2014.

CAPÍTULO 12

A APLICAÇÃO DE SEIS SIGMA NAS OPERAÇÕES DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO DE CARGA GERAL FRACIONADA

Mauro Roberto Schlüter
Iris Bento da Silva
Alexandre Tadeu Simon

Resumo*:* O modal rodoviário é o mais significativo na matriz de transporte do país, com participação acima de 60%, composto por um grande numero de empresas com atuação dispersa em todo o território nacional. As operações que compõem o portfólio de negócios é composto por três tipos de serviços: transporte de carga completa, de carga direta e de carga fracionada. As operações relacionadas ao deslocamento nas rodovias sofrem influências de atores externos, o que na prática impede o domínio na gestão da qualidade. Já os serviços de transporte de carga geral fracionada possuem operações de transbordo, que são realizadas nos armazéns das transportadoras e, portanto sob domínio de gestão da qualidade. Este trabalho tem por objetivo identificar a aplicação de práticas Seis Sigma na gestão da qualidade nos serviços de carga geral fracionada. A metodologia utilizada neste trabalho tem como base a revisão sistemática da bibliografia e observação em campo junto a uma empresa de transporte rodoviário de cargas fracionadas. O resultado esperado consiste em identificar os processos mais sensíveis à deterioração da qualidade esperada pelos clientes e passíveis de melhoria.

Palavras Chave*:* Gestão da qualidade em transportadoras, Seis Sigma no transporte rodoviário de cargas.

1. Introdução

O transporte rodoviário de cargas é o mais significativo na matriz de transporte do país, com participação acima de 60% das cargas transportadas e 7,5% no PIB (ANTT, 2012). O transporte rodoviário de cargas teve forte impulso a partir do início da década de 60 e coincidiu com a instalação de montadoras automobilísticas durante o governo JK (SCHLÜTER E SCHLÜTER, 2005). Segundo dados da Agência Nacional de Transporte Terrestre, o setor é formado por um grande numero de empresas, além de cooperativas de transporte e transportadores autônomos. A composição do setor é detalhada na tabela a seguir.

Tabela 1 – Veículos por perfil de transportador

Tipo do transportador	Registros emitidos	Numero de veículos	Veículos por tipo
Autônomo	583.685	788.984	1,4
Empresa	113.314	911.877	8,1
Cooperativa	307	12.479	40,7
Total	697.486	1.713.340	2,5

Fonte: ANTT (2012)

A elevada flexibilidade proporcionada pelos seus atributos de acessibilidade aos locais em que haja demanda significativa e elevada disponibilidade de veículos (LAMBERT, STOCK E ELLRAM, 1998), o posiciona como o modal mais adequado para suprir as demandas por transporte. Além disso, o modal rodoviário também é utilizado em situações que apresentam contingências decorrentes de eventuais falhas dos demais modais. Este é o caso do Brasil.

As operações inerentes ao transporte rodoviário de cargas são passíveis inconformidades em relação àquilo negociado junto aos usuários e têm como causa os eventos aleatórios que podem ocorrer no percurso entre a origem e o destino. Segundo Bowersox e Closs (1997), os eventos podem ocorrer por atrasos gerados pelas impedâncias nas estradas (acidentes, problemas mecânicos, etc.). Além disso, podem ocorrer outros problemas de não conformidade nas operações de transbordo de cargas realizados nos armazéns de consolidação, reconsolidação e desconsolidação de cargas. Este é o caso de empresas que operam cargas fracionadas. Neste contexto há que se questionar:

Qual é o perfil de segmento de atuação operacional onde esta implantação proporcionaria melhor resultado?

Quais processos podem ser passíveis de controle e melhorias?

O objetivo deste trabalho é identificar o estado da arte de implantação do método Seis Sigma em empresas de transporte rodoviário de carga geral fracionada. A relevância deste trabalho reside na proposta de um procedimento para implantação da filosofia Seis Sigma em empresas de transporte rodoviário de carga geral fracionada.

2. Metodologia

A metodologia utilizada para este trabalho é classificada como exploratória, uma vez que indica a função de elevar o conhecimento do pesquisador acerca de determinado fenômeno, com objetivo de complementar estudo posterior (YIN, 2005). A metodologia proposta será complementada com um estudo bibliográfico acerca do estado da arte da aplicação de métodos Seis Sigma em transportadoras de carga fracionada.

Além disso, foram realizadas observações em campo, junto a uma empresa de transporte rodoviário de cargas, com o intuito de identificar as operações passíveis de ocorrência de problemas da qualidade esperada pelos clientes. Esta técnica caracteriza-se pelo seu aspecto qualitativo e é a mais adequada para captar o cenário de estudo (LAKATOS E MARCONI, 2009). Através deste método foi possível realizar as observações em campo junto a uma empresa de transporte rodoviário de carga que presta serviços que abrangem todos os tipos de operações. As observações forneceram subsídios para a pesquisa exploratória e por consequência foi possível identificar o tipo de serviço, bem como os processos operacionais passíveis de aplicação do método Seis Sigma.

3. Revisão da Bibliografia

A melhoria efetiva nas operações das empresas de carga geral fracionada necessita de programas estratégicos de controle e melhoria na qualidade dos serviços prestados aos seus clientes (RANAWAT, 2007). Neste contexto presume-se que a partir do sucesso alcançado pela aplicação metodologia seis sigma no setor industrial, está apto para aplicação no setor de serviços, especificamente o de transporte de cargas.

3.1. Fundamentos do Seis Sigma

A metodologia Seis Sigma surgiu como uma necessidade de complementação no gerenciamento da qualidade. Esta necessidade foi percebida a partir da elevada concorrência que empresas norte-americanas sofriam com produtos industrializados em outros países, notadamente originados no Japão (LOPES ET AL, 2010). A excelente qualidade dos produtos estrangeiros, incorporada aos baixos preços praticados estimulou a adoção de algo mais do que o TQM (*Total Quality Management* – Gerenciamento da Qualidade Total). A Motorola foi a primeira empresa que formalmente tomou a iniciativa de adotar a metodologia Seis Sigma na década de 80, seguida pela empresa General Eletric. A criação do método Seis Sigma está centrado na busca de redução de custos de retrabalho dos produtos que não atendiam requisitos dos clientes, além das perdas por não satisfazer aquilo que o cliente desejava (SGARBI E CARDOSO, 2011).

A eliminação variações tinha como alvo um controle da variabilidade dos processos no nível de seis desvios padrões de produtos sem defeitos, que traduzido em números absolutos é igual a 3,4 itens com defeitos para cada milhão (CARVALHO, ET AL., 2005). Entretanto este método não ficou restrito ao tratamento estatístico. Segundo Ranawat (2007), o sucesso alcançado expandiu a sua ação em três diferentes níveis.

Como uma métrica: A partir da análise das variabilidades dos processos é possível gerenciá-lo até alcançar os 3,4 ppm (parte por milhão).

Como uma metodologia: O Seis Sigma pode também ser utilizado como uma metodologia para fornecer o foco nos requisitos do cliente.

Como um sistema de gerenciamento: A implantação do Seis Sigma necessita ser incorporado na estratégia da empresa e emanada a partir do escalão superior.

3.2. Componentes Principais do Seis Sigma

A trilogia de composição dos níveis de alinhamento do Seis Sigma necessita de estrutura para a sua execução, composto por dois elementos. O primeiro é a liderança e o segundo é a equipe responsável (RANAWAT, 2007).

Liderança: É exercida pela alta gerência da organização, responsável pelas diretrizes sistêmicas. Sem o comprometimento da alta gerência, a filosofia Seis Sigma pode ser desestimulada em razão de aversões causadas pelas modificações nos controles dos processos.

Equipe: É formalizada na estrutura organizacional da empresa por um grupo de profissionais técnicos, que recebem capacitação a atuam de forma exclusiva na implantação do Seis Sigma.

A filosofia Seis Sigma busca o aumento da competitividade das organizações a partir da redução de custos de melhorias na qualidade do produto e capta isto através de ferramentas adequadas, os requisitos dos clientes e a partir destes requisitos, controlar as perdas de qualidade geradas pelas variabilidades nos processos. Isto é efetivado através de uma ferramenta básica cuja sigla é DMAIC. Esta sigla refere-se às palavras *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar), que representam.

3.3. Seis Sigma em Serviços

Atualmente existe um aumento expressivo de empresas de serviços que buscam na filosofia Seis Sigma uma forma de alinhamento das estratégias da empresa em relação aos seus clientes, notadamente o setor bancário norte americano (ANTONY, 2006). Segundo Nakhai e Neves (2009), a metodologia Seis Sigma parte do reconhecimento que o cliente possui uma hierarquia de atributos que são considerados na sua expectativa, que parte daquilo que é esperado como o pior possível, até o que é considerado como o serviço ideal. Os mesmos autores afirmam que entre o pior

possível e o ideal, existem outras camadas de expectativas, como demonstrado na figura 1.

Figura 1: A hierarquia das expectativas do cliente

Fonte: Adaptado de Nakhai e Neves (2009)

Nakhai e Neves (2009), salientam que as principais dificuldades na adoção de seis sigma em serviços como sendo: A dificuldade na coleta de dados no setor de serviços; Difícil medição das várias atividades que ocorrem na interação entre servidor e cliente; É mais difícil controlar e medir o padrão Seis Sigma em serviços em razão dos vários subprocessos que surgem ao longo da prestação dos serviços; A coleta de dados é mais confiável quando captada por ocasião da efetiva prestação dos serviços.

Neste contexto Chakrabarty e Tan (2007), sugerem fatores críticos que devem ser considerados para o sucesso na implantação do Seis Sigma em empresas de serviços, que são: Comprometimento da alta direção; Os colaboradores precisam estar treinados para efetivamente implantar os projetos; Os valores e cultura organizacionais devem ser adaptados em convergência com o Seis Sigma; O Seis Sigma deve estar focado no cliente; Torna-se necessária a adoção de uma métrica apropriada; A organização deve adotar forma claras de demonstrar os benefícios financeiros na adoção do Seis Sigma; A gestão da organização deve compreender claramente os seus processos.

3.4. A Aplicação de Seis Sigma em Logística

A expansão natural da aplicação deste método ocorre em áreas ligadas a gestão de estoques, que é uma parte do sistema logístico das indústrias. Ranawat (2007), afirma que existe ligação entre a logística e o Seis Sigma baseado em três elementos de correlação. O primeiro descreve as possibilidades de ganhos financeiros obtidos através da identificação das perdas na área de logística. O segundo elemento descreve a possibilidade de medição e monitoramento dos processos passíveis de quantificação. O terceiro elemento refere-se ao impacto que o alinhamento estratégico do Seis Sigma proporciona nos negócios e que são evidenciados nos indicadores chave de performance (KPI – *key performance indicator*). A existência destas três ligações facilita sobremaneira a assimilação e transformação do Seis Sigma em resultados concretos, porém como em qualquer projeto Seis Sigma, torna-se necessária a existência de estrutura organizacional exclusiva e dedicada para a sua implantação e gestão. A figura a seguir descreve de forma sucinta a ligação entre os três elementos de Seis Sigma e logística.

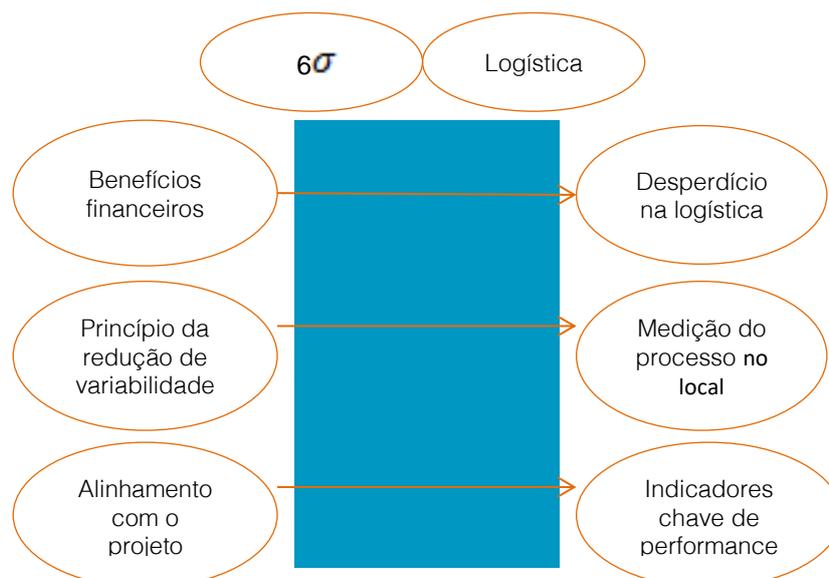



Figura 2: Elementos de conexão entre Seis Sigma e logística
Fonte: Adaptado de Ranawat (2007).

3.5. A Aplicação de Seis Sigma em Transporte de Cargas

A aplicação do método Seis Sigma em transporte de cargas pode trazer benefícios aos clientes, seja pela redução dos custos relacionados às perdas ou pela melhoria dos serviços prestados pelos operadores de transporte.

Küçük e Orbak (2011), exploram o mesmo tema, porém voltado para a redução de custos de transporte em uma empresa produtora de dutos. A empresa utilizava o transporte de seus produtos na maior parte dos percursos através de navio. Por ocasião da aplicação da ferramenta DMAIC, o problema foi identificado em três etapas distintas: o tempo de transporte era demorado; os custos de transporte eram elevados e; os custos de carregamento e descarregamento eram elevados. Após a coleta dos dados, a fase de análise do problema indicou que a área de estocagem do produto no porto era inadequada nas suas dimensões, a empresa nem sempre conseguia aprontar os pedidos ao tempo de chegada do navio e por decorrência a embalagem unitizadora dos dutos não era realizada. Este fato elevava os custos de embarque pela fragmentação dos itens que eram transbordados para o navio. A fase de melhorias indicou que a empresa deveria locar uma área apropriada para o estoque de seus produtos no porto e que a produção deveria utilizar como data de entrega do produto devidamente embalado como a mesma data de chegada do navio no porto. Dessa forma foi possível organizar o estoque dos produtos no porto de acordo com as ofertas de serviços de transporte dos navios.

Goldsby e Martichenko (2005), mencionam que o transporte rodoviário de cargas possui melhor desempenho geral nos atributos desejados pelos usuários, que os demais modais, ainda que alguns tenham custos tarifários menores. A teoria do custo logístico total é mencionada para salientar as compensações de custos, onde é melhor que haja um aumento em um determinado custo, desde que outro custo tenha uma diminuição maior, proporcionando um custo total menor. Um exemplo de compensação é o *trade-off* entre tarifa e qualidade dos serviços prestados pela transportadora.

Verificou-se que a bibliografia existente sobre Seis Sigma aborda pouco as questões relacionadas aos processos de transporte de cargas, em especial as operações realizadas pelo modal rodoviário.

4. O Funcionamento do Transporte Rodoviário de Cargas Fracionadas no Brasil

O modal rodoviário é formado por empresas organizadas, que são chamadas simplesmente de “transportadoras”, por condutores autônomos que são chamados como “caminhoneiros” e também por cooperativas de transporte. A captação de

negócios é realizada pelas transportadoras. Estas possuem certa quantidade de veículos próprios e ainda contam com a contratação de caminhoneiros com o objetivo de ajustar a demanda à oferta por serviços de transporte (SCHLÜTER E SCHLÜTER, 2005).

Os negócios captados pelas transportadoras são classificados segundo a sua forma de operação e possuem três perfis distintos: carga completa; carga fracionada e; carga direta. A carga completa caracteriza-se pela contratação da capacidade total do veículo e por possuir somente uma origem e um destino. Este tipo de operação envolve cerca de 60% do total de operações realizadas pelo modal rodoviário, sendo o transporte típico de produtos agrícolas, bem como matérias primas para indústrias de grande e médio porte.

A carga fracionada caracteriza-se pela venda de serviços de bens que não completam a capacidade do veículo. Neste caso as empresas estabelecem previamente à negociação, a sua base geográfica de atuação e posteriormente comercializam os serviços de transporte com origens e destinos na sua base de atuação. A rede associada a este tipo de operação é "de muitos para muitos". Com intuito de racionalizar as operações e obter economia de escala nos serviços, as transportadoras de carga fracionada estabelecem linhas de atuação troncais entre as filiais e um armazém central, onde ocorre e reconsolidação da carga, ou parte dela, destinadas às filiais responsáveis pela entrega. A rede deste tipo de empresa de transporte rodoviário de cargas é descrita através da figura a seguir.

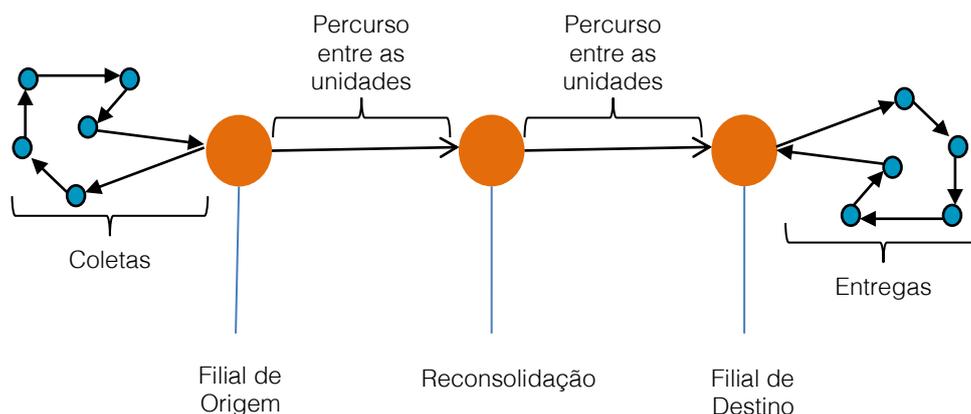
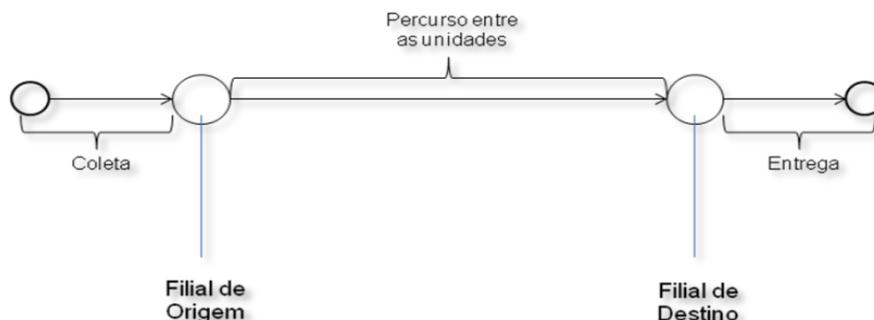



Figura 3 – Rede "muitos para muitos" de transporte de carga fracionada
Fonte: Adaptado de Schlüter e Schlüter (2005)

A carga direta é semelhante à completa, porém o veículo é contratado somente em parte de sua capacidade. Neste caso a transportadora realiza a coleta do bem a ser transportado e o coloca em primeiro lugar no compartimento de carga do veículo. Após a realização desta operação, o veículo dirige-se para o armazém da transportadora e complementa a capacidade do veículo com as cargas fracionadas. Na filial de destino o veículo descarrega em primeiro lugar as cargas fracionadas e após esta operação, dirigi-se ao local de destino da carga direta.

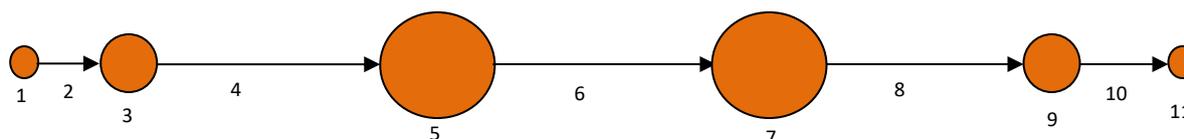
Figura 4 – Rede “um para um” de transporte de carga direta

Percurso entre as unidades
Coleta
Entrega
Filial de Origem
Filial de Destino

Fonte: Adaptado de Schlüter e Schlüter (2005)

4.1. Funcionamento das Operações de Transportadoras de Carga Fracionada

As transportadoras de carga fracionada executam as operações em sua base geográfica de atuação através de uma rede com linhas troncais que ligam os pontos de origem e destino através de um armazém de reconsolidação de cargas. Basicamente uma operação de transporte de carga fracionada é executada através dos seguintes passos: Coleta da carga no cliente (que pode ser de qualquer cidade que pertença a base geográfica de atuação da unidade); Transporte a unidade de origem em veículo leve; Consolidação da carga para envio a central de reconsolidação; Transporte da carga até a central de reconsolidação; Reconsolidação da carga juntamente com outras (originadas em outras unidades), e com destino a outras bases geográficas do país; Transporte até a central de reconsolidação; Reconsolidação da carga para envio até a unidade de destino; Transporte até a cidade da unidade de destino; Desconsolidação da carga para o veículo leve de entrega; Transporte até cliente destinatário; Entrega efetiva ao cliente.

O desenho da rede de um produto inserido na classificação de carga fracionada é descrita através da figura a seguir:

Figura 5 – Rede de transporte de carga fracionada

Fonte: Adaptado de Schlüter e Schlüter (2005)

As operações de deslocamento (itens 2, 4, 6, 8 e 10), referem-se ao transporte em rodovias e sofrem interferências diversas, aleatórias e não controláveis. Por esta razão as transportadoras estabelecem prazos de entrega junto aos seus clientes que possuem folgas de tempo. Estas folgas de tempo contemplam a compensação de eventuais atrasos no percurso causados por fatores aleatórios tais como acidentes nas estradas, congestionamentos, etc.

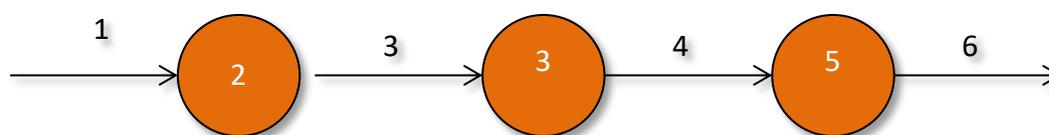
As operações 1, e 11 são operações de coleta e entrega da carga e controladas tanto pelo embarcador quanto pelo destinatário da carga, cujo tempo de duração não está sob controle da transportadora. Já as operações 3, 5, 7 e 9 são operações de transbordo realizadas dentro das dependências da transportadora e portanto em condições que permitem o seu controle. Neste contexto, as operações 3, 5, 7 e 9 são aquelas onde a aplicação dos métodos Seis Sigma poderiam surtir resultados.

5. Seis Sigma nas Operações de Transbordo de Carga Geral Fracionada

A bibliografia existente sobre a aplicação de Seis Sigma em operações de transporte não abordam as operações relacionadas aos tempos de deslocamentos entre a origem e o destino. Presume-se que a causa desta ocorrência resida no fato de que este tipo de operação sofre interferências fora do controle das transportadoras. Estas por sua vez dilatam os prazos de entrega, bem como a sua escala de tempo informada aos clientes. A escala de tempo informada aos clientes é em dias, enquanto que a escala dos eventuais atrasos que ocorrem nos percursos é em horas.

As operações de transbordo (retirada de cargas de um veículo, armazenagem provisória e colocação da carga em outro veículo), está sob domínio das transportadoras e tem possibilidade de aplicação do Seis Sigma.

Por outro lado, os clientes das transportadoras exigem que a sua carga seja transportada de forma segura (sem avarias), sem faltas e que seja entregue no tempo acertado por ocasião das negociações de contratação dos serviços. Esta exigência é expressa através de um indicador denominado de OTIF – *On Time in Full*, cuja tradução aproximada é a entrega da carga no tempo e completo, sem avarias ou faltas (Schlüter, 2009). Uma análise dos processos de transbordo apontam as seguintes atividades: Descarga do produto do caminhão; Conferência da carga; Deslocamento da carga até o local de acumulação das cargas para o novo destino; Deslocamento da carga do local de acumulação até a plataforma de embarque; Conferência da carga; Carregamento do produto no veículo. A figura a seguir apresenta o diagrama das operações de transbordo.

Figura 6 – Rede de transbordo de carga fracionada

Fonte: Adaptado de Schlüter e Schlüter (2005)

Estas operações são semelhantes às operações de gestão de estoques de produtos em armazéns e centrais de distribuição de indústrias, porém diferem em um aspecto fundamental. A unidade armazenada e manuseada pela transportadora é a carga total que consta na nota fiscal do cliente e não existe fracionamento da carga no armazém da transportadora. Além disso, existe outra pequena diferença com relação ao tempo de armazenamento, que na transportadora é apenas o suficiente para acumulação das cargas originadas de outras bases geográficas da transportadora e que completem a capacidade de um veículo de longo curso. Já nas empresas do setor industrial e comercial, o estoque é fracionado e tem por objetivo a elevação dos níveis de serviço ao cliente através da rápida disponibilidade do produto nas quantidades que este desejar.

Em cada uma das operações citadas anteriormente, existe a possibilidade de ruptura do indicador OTIF, conforme é mostrado na tabela a seguir.

Tabela 2: Possíveis ocorrências e rupturas nas operações de transbordo

Atividade	Possível ocorrência	Tipo de ruptura
1	- Queda	- Avaria
2	- Troca de volumes	- Falta - Atraso na entrega do volume
3	- Queda - Troca de local de destino - Roubo	- Avaria - Falta - Atraso na entrega do volume
4	- Queda	- Avaria
5	- Troca de volumes	- Falta - Atraso na entrega do volume
6	- Queda - Troca de local de destino - Roubo	- Avaria - Falta - Atraso na entrega do volume

Fonte: Elaborado pelo autor

Um levantamento exploratório realizado pelo autor em uma transportadora de carga geral fracionada de grande porte, que abrangia um ano de operação, constatou que as rupturas de OTIF registradas pela empresa nas operações de transbordo, foram de 5,4% do total de notas fiscais. Este índice sugere a existência de um amplo espaço para melhorias através do método Seis Sigma.

Cabe ressaltar que o transporte de cargas é uma extensão dos processos de uma empresa do setor industrial ou comercial e como tal deve estar alinhada à política de gestão da qualidade. Neste contexto existe um largo campo de aplicação da metodologia Seis Sigma nas empresas de transporte de carga geral fracionada.

Diante disso, foi possível obter respostas aos questionamentos mencionados na introdução deste trabalho. O perfil de segmento de atuação operacional mais adequado para a aplicação de metodologia Seis Sigma é o de carga geral fracionada, tendo em vista as possibilidades de ganhos que podem ser obtidos através da escala de repetitividade destas operações. Além disso, constatou-se através das observações realizadas em campo, que os processos que estão sob domínio completo de gestão, neste tipo de operação, são os de transbordo e são justamente estes que apresentam maior possibilidade de falhas. Fica evidenciado que a aplicação de métodos Seis Sigma nestas operações pode elevar a percepção de qualidade pelos clientes da transportadora, bem como reduzir os custos com indenizações por danos aos bens.

6. Conclusão

A busca pela melhoria da qualidade nos processos através da metodologia Seis Sigma, foi iniciada pelo setor industrial e posteriormente ampliada para os demais setores da economia. Foi constatada a inexistência de aplicação de métodos Seis Sigma em empresas de transporte rodoviário de carga geral fracionada. Alguns indícios deste fato podem ser constatados através da complexa operação na rede, onde os processos relativos ao transporte sofre interferência de atores externos à empresa. Neste contexto, este trabalho identificou que somente os processos das operações de transbordo, poderiam ser passíveis de aplicação da metodologia Seis Sigma. Constatou-se também que é nas operações de transbordo onde ocorre a maior parte das perdas originadas pelo não cumprimento do OTIF. Fica evidenciado que a aplicação desta metodologia nas operações de transbordo pode ser implantada e pode resultar em diminuição das tarifas cobradas pelas empresas, podendo proporcionar liderança baseada em custos. Além disso, a empresa poderá também alinhar a sua atuação mercadológica junto a clientes que já possuam a metodologia Seis Sigma como parâmetro de qualidade. Dessa forma a empresa poderá também alcançar liderança baseada na diferenciação dos serviços

.

Bibliografia

[1] ALMEIDA, C. M. P. R.; SCHLÜTER, M. R. Estratégia Logística. IESDE. Curitiba: 2009.

[2] ANTONY, J. Six Sigma for Service Process. Business Process Management Journal, Vol. 12, n 2, p. 234-248. 2006.

[3] ANTONY, J.; et al. Six Sigma in Service Organizations – Benefits, Challenges and Difficulties, Common Myths, Empirical Observations and Success Factors. International Journal Of Quality & Reliability Management. Vol. 24, n. 3, p. 294-311. 2007.

[4] BOWERSOX D. J.; CLOSS D. J. Logistical Management. McGraw-Hill International Editions. New-York, 1996.

[5] CARVALHO, M. M.; et al. Gestão da Qualidade – Teoria e Casos. Elsevier. Rio de Janeiro: 2005.

[6] CHAKRABARTY, A.; TAN, K. C. The Current State of Six Sigma Application in Services. Managing Service Quality. Vol. 17, n. 2, p. 194-208. 2007.

[7] GARDNER, J. T.; COOPER, M. C. Strategic Supply Chain Mapping Approaches. Journal of Business Logistics. Vol. 24, n.2, p. 37-64. 2003.

[8] GOLDSBY, T. J.; MARTICHENKO, R. Lean Six Sigma Logistics. J. Ross Publishing Inc. Florida: 2005.

[9] KÜRÇÜK, M. ORBAK, A. Y. Six Sigma Approach for the reduction of Transportation Costs of a Pipe Manufacturing Company. Proceedings of the 2011 IEEE ICQR.

[10] LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. Metodologia do Trabalho Científico. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

[11] LAMBERT, M. L.; STOCK J. R.; ELLRAM, L. M. Fundamentals of Logistics Management. McGraw-Hill, Boston: 1998.

[12] NAKHAI, B. NEVES, J. S. The Challenges of Six Sigma in Improving Service Quality. International Journal of Quality & Reliability Management. Vol. 26, n. 7, p. 663-684. 2009.

[13] RANAWAT, M. Six Sigma in Logistics. E-book. Edição do autor. 2007.

[14] SCHLÜTER, G. H., SCHLÜTER, M. R. Gestão da Empresa de Transporte de Cargas e Logística – A Gestão Focada no Resultado. HTS Editora, Indaiatuba: 2005.

[15] SCHLÜTER, M. R. Introdução a Vantagem Competitiva Logística. Edição do autor, Campinas: 2009.

[16] *YIN*, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

CAPÍTULO 13

USO DA METODOLOGIA DMAIC PARA ANÁLISE DOS REPAROS ATRASADOS EM UMA EMPRESA DE TELEFONIA

Marcone Freitas dos Reis
Thiago Silva Sales
Alexandre Camacho da Paixao
Marcos dos Santos
Fabricio da Costa Dias

Resumo: Com grande número de usuários no setor de telecomunicações, as companhias telefônicas necessitam exercer suas atividades com qualidade visando sempre a satisfação do cliente. Entretanto, a realidade neste setor é diferente, são muitas reclaamações na área de telefonia fixa e constantes atrasos na solução de problemas levando ao aumento da insatisfação do cliente. Com o intuito de analisar os maiores motivos de registros e atrasos na resolução dessas reclamações, este artigo traz o estudo e uso das três primeiras fases da metodologia DMAIC para definição, medição e análise dos motivos que geram esses atrasos. Com o diagrama de Ishikawa pôde ser observado que os principais problemas encontrados na empresa estudada são internos e devido a erros de mão de obra, método, medida, material, máquinas e fatores externos à empresa, que se acumulam causando atrasos, insatisfação e multas para as empresas deste setor.

Palavras Chave: Qualidade, DMAIC, Telecomunicações

1. Introdução

O setor de telecomunicação vem, ao longo de um século e meio, transformando o cotidiano das pessoas no mundo inteiro; construindo novas formas de comunicação; propondo diferentes tipos de contato e acesso às informações. As relações entre fatos, história, conhecimento, pessoas e nações se modificam e se integram em uma nova possibilidade de troca. Surge um novo mundo onde, através das telecomunicações, as distâncias e o tempo diminuem, o conhecimento se amplia e a comunicação se integra ao cotidiano das pessoas sob as mais diversas formas (FONTES, 2012).

O mercado de telecomunicações vem crescendo cada vez mais e tem uma grande representatividade no setor de serviços. Caracterizado por sua intensidade em capital e composta por grandes empresas, este mercado é responsável por 60,1% da receita operacional de todo o setor de serviços de comunicação e informação, chegando a uma receita de R$ 122,2 bilhões (IBGE, 2008).

Segundo Fransman (2007) a evolução do setor de telecomunicação iniciou a partir de meados dos anos 80, com o começo da liberalização no Japão, Reino Unido e os Estados Unidos, e as causas dessa mudança. Na década de 90, com a adesão da Comunidade Europeia a esse processo, havia um consenso disseminado de que a liberalização das telecomunicações era inevitável. Coloca ainda como um fator chave para a transformação ocorrida no setor ao redor do mundo a mudança do regime tecnológico da indústria.

No Brasil, a história da indústria de telecomunicações pode ser dividida em três etapas, segundo Siqueira (2002). A primeira delas inicia-se em 1852 com o 1º telégrafo do Brasil, quando ocorreu e dura cerca de 110 anos e compreende a instalação do primeiro "par" de telefones instalados quando passou a interligar o palácio São Cristóvão (hoje Museu Nacional) ao palácio da Rua 1º de Março (edifício dos Correios) em 1887.

Ainda segundo Siqueira (2002), a segunda fase inicia-se com a aprovação do Código Brasileiro de Telecomunicações em 1962, e esta fase corresponde à criação da Embratel, o Ministério das Comunicações e a Telebrás, e tem uma duração de 22 anos. Foi criado o Código Brasileiro de Telecomunicações, que definiu uma política nacional para o setor, regulado por meio de um órgão técnico (CONTEL).

A terceira e atual fase de acordo com Freitas (2002), iniciou-se a partir da quebra do monopólio estatal das telecomunicações por meio da Emenda Constitucional de 1995 com a desestatização da administração do sistema TELEBRÁS – composto por uma empresa "holding", a TELEBRÁS; por uma empresa de longa distância de âmbito nacional e internacional, que explora também serviços de comunicações de dados e de telex (a EMBRATEL); e por 27 empresas de âmbito estadual ou local; e por quatro empresas independentes, sendo três estatais (a CRT, controlada pelo Governo do Estado do Rio Grande do Sul; a SERCOMTEL, pela Prefeitura de Londrina; e a CETERP, pela prefeitura de Ribeirão Preto) e uma privada (A Cia. De Telecomunicações do Brasil Central, sediada em Uberlândia e que atua no Triângulo Mineiro, no nordeste de São Paulo, no Sul de Goiás e no sudeste do Mato Grosso do Sul).

Para Fontes (2012), o mercado de telefonia sofreu um processo brutal de transformação e consolidação no país a partir dos últimos anos da década de 90. Para essa situação, contribuiu fortemente a desestatização do sistema, em 1998, precedida, no ano anterior, pela criação da Agência Nacional de Telecomunicações, ANATEL, para regulamentar o setor, estimular a concorrência e proteger o consumidor.

"A Agência trabalha com foco em sua missão de promover o desenvolvimento das telecomunicações do país de modo a dotá-lo de uma moderna e eficiente infraestrutura de telecomunicações capaz de oferecer à sociedade serviços adequados, diversificados e a preços justos em todo o território nacional" (ANATEL, 2013).

Lovelock e Wright (2001) comentam que a qualidade dos serviços e a satisfação dos clientes diferem, já que as percepções dos clientes se baseiam em avaliações cognitivas de longo prazo e a satisfação é uma reação emocional de curto prazo. Muitas vezes, o que os clientes recebem não é aquilo que estavam esperando e isso traz um desconforto, também chamado de lacuna ou "gap". Em relação aos prestadores de serviços, estes devem reduzir tais falhas ao máximo, para que consigam conquistar a

confiança de seus clientes.

Para que isso ocorra, as empresas prestadoras de serviços de telefonia fixa devem buscar soluções para seus problemas, especificamente nos atrasos gerados pela manutenção corretiva solicitada pelos seus clientes. Clientes esses, que por não serem atendidos levam suas solicitações à ANATEL, que é a agência reguladora do setor de telefonia, gerando multa para as empresas de telefonia por não cumprirem seus deveres.

É neste ponto que o Seis Sigma se encaixa, trazendo à tona uma metodologia estruturada com ferramentas estatísticas integradas para a resolução de problemas que afetam diretamente no resultado financeiro da empresa, defendendo incansavelmente a busca pela melhoria contínua dos processos (WERKEMA, 2012).

O Seis Sigma é uma estratégia por parte da gerência de uma empresa que tem por objetivo, o aumento do lucro das empresas através de melhorias nos produtos e processos. Tem como base, a utilização de ferramentas de qualidade com fundamento estatístico, objetivando diminuição na variação dos processos e de todo desperdício gerado pelo mesmo, podendo ser aplicada desde a área de manufaturas até os processos administrativos e comerciais (WERKEMA, 2014).

Dentro do cenário apresentado, será utilizada a metodologia DMAIC que em inglês significa: *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyze* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar), para buscar respostas, análises e possíveis soluções para o tema proposto que são os reparos na ANATEL.

Os reparos ANATEL estão inseridos no ambiente operacional de uma empresa telefônica, que será o foco deste artigo. Devido ao grande número de reclamações levadas à ANATEL, a metodologia DMAIC será usada para medir quantitativamente esses reparos, trazendo ainda a análise de como são gerados e o porquê dos atrasos nos problemas que serão apresentados.

2. Referencial

Paladini (2011) afirma que qualidade é considerada em um produto ou serviço como a falta de defeitos e que a qualidade pode ser vista como um requisito mínimo de funcionamento.

Ishikawa (1993) diz que a qualidade é produzir e comercializar um produto, que tenha menor custo, com maior utilidade e trará maior satisfação ao consumidor final.

Maximiano (2004) define três diferentes eras da qualidade: da inspeção; do controle estatístico da qualidade e a era da qualidade total.

Seguindo o que defende o autor, os consumidores sempre tiveram o cuidado de inspecionar os bens e serviços que recebiam em uma relação de troca, essa preocupação caracterizou a chamada era da inspeção, que se voltava para o produto acabado, não produzindo assim qualidade, apenas encontrando produtos defeituosos na razão direta da intensidade da inspeção (MAXIMIANO, 2004).

A era do controle estatístico surgiu com o aparecimento da produção em massa, mudando para a introdução de técnicas de amostragem e de outros procedimentos de base estatística, bem como, em termos organizacionais, no aparecimento do setor de controle da qualidade. Nessa era, que obedecia ao cálculo estatístico, era selecionada uma quantidade de produtos aleatórios, de forma que essa amostra representasse todos os outros produtos, e a partir dessa amostra, era verificada a qualidade de todo o lote.

Porém, Deming (1990) diz que o controle estatístico era condição inicial, mas não era suficiente, devido à má qualidade dos produtos e serviços. O gerenciamento precário das atividades influenciava diretamente a qualidade.

Na era atual, ou seja, da qualidade total, o foco passa a ser o consumidor final, que é motivo de focalização das empresas em geral que tem como objetivo satisfazer as expectativas e necessidades do cliente. A principal característica dessa era é que toda organização trabalha em conjunto para garantir a qualidade do produto e do serviço prestado (MAXIMIANO, 2004).

Ishikawa (1993) afirma ainda que no Controle da Qualidade Total para satisfazer o cliente, são requisitados que o projeto, o desenvolvimento, o modo de produzir e a comercialização dos produtos estejam em nível de satisfação do consumidor.

3. Metodologia

Scatolin (2005), afirma que a metodologia DMAIC é uma abordagem estruturada, disciplinada e rigorosa para alcançar a melhoria do processo composta por cinco passos ou fases.

Na primeira etapa, chamada Definir (*Define*), o problema é descrito de modo claro e objetivo, definindo a meta através do histórico do problema, retorno econômico e o impacto que este irá gerar na estratégia da companhia. A descrição do problema deve responder os questionamentos de qual é o problema e as oportunidades que surgirão, quais os objetivos e metas que serão alcançados, onde e quando o problema é observado, quais serão os ganhos financeiros com a solução do problema em questão (WERKEMA, 2014).

O histórico do problema é um dos principais pontos nessa etapa, pois Werkema (2012) afirma que:

A avaliação do histórico do problema consiste em levantar fatos e dados que ajudará no entendimento e na valorização do problema, como ele ocorre e o que a empresa está perdendo com isso. Durante o levantamento do histórico do problema também são definidos o retorno econômico e o impacto do projeto sobre os clientes/consumidores e sobre as estratégias da empresa.

Na segunda etapa, denominada Medir (*Measure*) do DMAIC, os esforços devem ser focados nos dados históricos já existentes, que dão base ao projeto.

Ainda na segunda etapa, o problema é dividido em problemas menores ou subproblema, mais específico e de solução mais rápida ou mais fácil. Essas estratificações devem ser feitas sob a ótica de tempo, local, tipo, sintoma e por indivíduo (WERKEMA, 2014).

Nesta etapa podem ser utilizadas ferramentas: Estratificação, Plano para Coleta de Dados, Folha de Verificação, Diagrama de Pareto, Gráfico Sequencial/Cartas de Controle e Histograma.

Na terceira etapa analisar (*Analyse*), as causas são determinadas e são partes fundamentais do problema associado a cada uma das metas definida na etapa anterior assim como as variáveis que mais interferem no processo, que são mais propensos a uma grande variabilidade, reduzindo o desempenho, com o objetivo de determinar somente as causas principais do problema (WERKEMA, 2012).

As seguintes ferramentas podem ser utilizadas na etapa analisar (*Analyse*): Fluxograma, FMEA, Brainstorming, Diagrama de Causa e Efeito, Teste de Hipóteses (Teste dos Cinco Porquês) e Matriz de Priorização.

4. Resultados

Com a utilização da metodologia DMAIC nos reparos atrasados da companhia estudada, pôde ser definido os maiores problemas no setor operacional. Para que o estudo fosse realizado, os reparos eram descritos de acordo com o relatório operacional, o que tornava possível a identificação de todos os reparos pendentes, bem como o motivo de cada um deles.

As informações no relatório foram coletadas ao longo de três meses e mostram a quantidade de reparos atrasados e as causas de cada região do estado do Rio de Janeiro. Todavia, para este trabalho foram consideradas apenas as informações da cidade do Rio de Janeiro, nas áreas próximas à Faculdade SENAI CETIQT, ou seja, os bairros de Engenho de Dentro, Engenho Novo, Sampaio e Riachuelo.

Ao analisar as informações (gerências e reparos atrasados) contidas na planilha, foi encontrado um total de 264 reclamações feitas pelos clientes e com registros na ANATEL na região escolhida.

Sabendo que a empresa é multada devido ao acúmulo de reparos não atendidos, foi definido na primeira fase da metodologia DMAIC os reparos de telefones fixos solicitados pelos clientes e que por algum motivo sofreram atrasos em sua resolução, atrasos esses que extrapolaram até o prazo concedido pela agência reguladora de telefonia.

Esses atrasos foram registrados em uma planilha e divulgada para que todos os especialistas do setor operacional pudessem conhecer e atuar em seus casos de acordo com a região do reparo pendente.

4.1. Medir

Na fase de medição, após a coleta dos dados na planilha da companhia, o gráfico de Pareto

foi utilizado para melhor visualização da quantidade de reclamações realizadas pelos clientes.

Para criação do gráfico, os motivos juntamente com as suas quantidades foram organizados em uma tabela, a quantidade de motivo dividida pelo total de reclamações registradas e obtendo à frequência de cada motivo. Após o cálculo da frequência relativa, a frequência acumulada de cada motivo foi também calculada como mostra o quadro 1 a seguir.

Quadro 1 - Frequências dos Motivos

Motivo	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada
Reparos atrasados	173	65,53%	65,53%
Interrupção de serviço	24	9,09%	74,62%
Outros	20	7,58%	82,20%
Instalação mal realizada	18	6,82%	89,01%
Mudança de Endereço	15	5,68%	94,70%
Cobrança Indevida	10	3,79%	98,48%
Bloqueio indevido	4	1,52%	100,00%
Total	264	100,00%	

Fonte: Autor (2015)

Durante a análise dos motivos das reclamações feitas pelos clientes, pôde ser observado que os reparos atrasados são os maiores causadores de registros na ANATEL com uma frequência de 173 registros em um total de 264, seguido dos motivos de interrupção de serviço sem a permissão do cliente. Outros (quando clientes reclamam de atraso na entrega da fatura em sua residência ou recebem anúncios de pacotes promocionais). Instalação realizada em não conformidade pelo técnico, necessitando de uma nova visita ao cliente, seguido de atrasos pelo técnico de campo. Mudança de endereço, quando o cliente se transfere para uma nova residência e a companhia demora a trocar as informações e instalar o telefone fixo para sua nova localidade. Cobrança indevida nos casos de faturas com valor acima da contratada pelo cliente e bloqueio indevido dos serviços contratados.

Após os cálculos serem realizados, o gráfico de Pareto pôde ser feito para melhor ilustração, como pode apresentado no gráfico 1 a seguir.

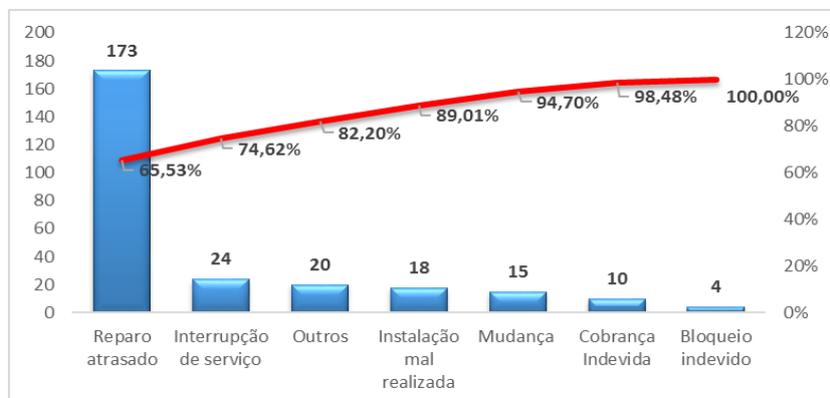



Gráfico 1 – Gráfico de Pareto dos Motivos
Fonte: Autor (2015)

Após análise do gráfico, pôde ser observado que os reparos atrasados são os maiores causadores de reclamações registradas na agência reguladora com 173 reparos pendentes, tendo uma frequência relativa igual a 65,63% como apresentado no gráfico 1.

Tendo os reparos pendentes se destacando dos outros motivos, uma análise mais profunda fez-se necessária para entender o porquê desse número expressivo. Para isso, outras informações no relatório utilizado foram levantadas como, por exemplo, os motivos específicos de cada atraso.

Para conhecer os motivos dos 173 casos, uma programação interna da empresa foi utilizada combinando os dados do relatório com o sistema de cadastro de cada cliente, que deu as informações técnicas necessárias para a avaliação de todos os reparos atrasados.

As causas ao serem analisadas foram classificadas de acordo com a sua ocorrência, podendo assim, divida-las em grupos específicos para melhor visualização e agrupamento. Tendo agrupado cada causa de acordo com sua ocorrência, estabelecendo um padrão e nomeando cada padrão, as frequências de cada ocorrência puderam ser obtidas assim como as frequências relativas e acumuladas também, como mostra o quadro 2 a seguir.

Quadro 2 - Frequências das Causas

Motivos	Frequência	Frequência Relativa	Frequência Acumulada
Posto não agendável	123	71,10%	71,10%
Sem slot	25	14,45%	85,55%
Planta Externa	18	10,40%	95,96%
Engenharia	7	4,05%	100,00%
Total	173	100,00%	

Fonte: Autor (2015)

Após a obtenção de todas as frequências, mais um gráfico de Pareto pôde ser feito para melhor visualização da principal causa de atraso na empresa em questão, conforme demonstra o gráfico 2 a seguir.

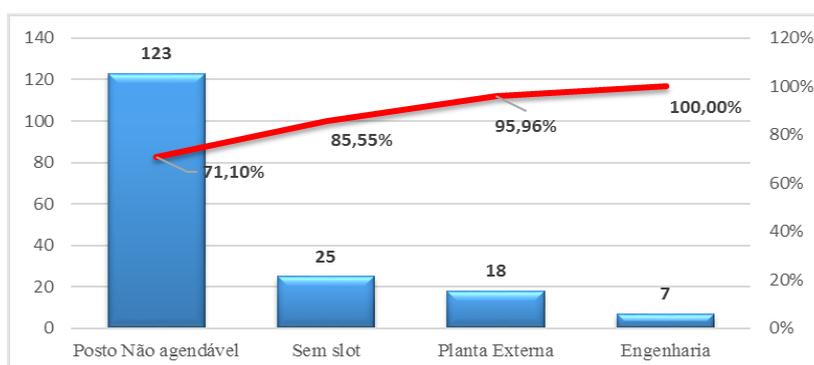



Gráfico 2 – Gráfico de Pareto com Causas
Fonte: Autor (2015)

Com a análise do gráfico 2, pôde ser observado que as notas (reparos) que caem nos postos não agendáveis da empresa Telle, é a maior causa de atraso neste cenário. Com uma frequência de 123 registros na ANATEL correspondendo a 71,10% do total de registros no relatório usado neste trabalho.

4.2. Analisar

Após todas as medições serem realizadas na segunda fase do DMAIC, foi necessário iniciar a terceira fase da metodologia, para analisar as causas da maior ocorrência. Para isso, é necessária uma ferramenta de qualidade que dê a visão correta das ocorrências.

Quando se trata de muitas ocorrências para um único problema, uma das principais e tradicionais ferramentas da qualidade a serem usadas nessa situação, é o Diagrama de Ishikawa.

A análise com o diagrama de Ishikawa neste trabalho é resultado de um brainstorming como na maioria dos casos onde é usado o diagrama espinha de peixe e foi realizado na empresa Telle com o especialista de rede e técnicos da área operacional estudada. A figura 1 ilustra o resultado do brainstorming no diagrama de causa e efeito.

Após a montagem do diagrama, foi possível realizar uma análise mais completa para o problema mais recorrente na empresa Telle devido à melhor visualização e melhor estruturação na apresentação das causas que levam a empresa a ter atrasos nos reparos.

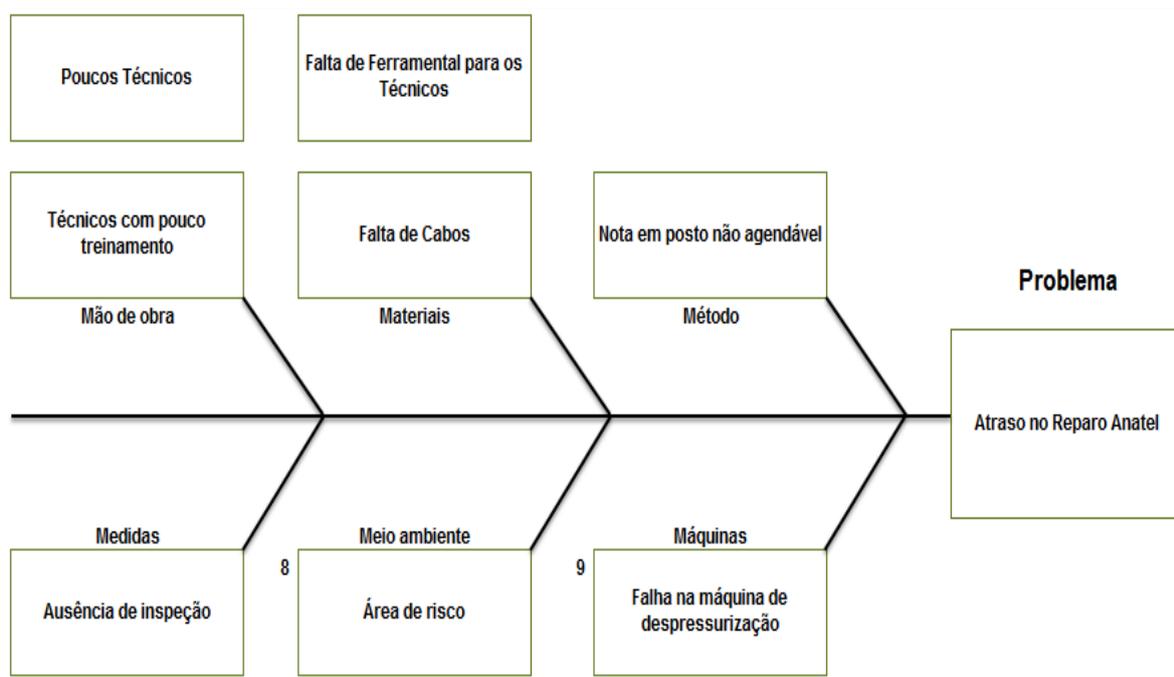



Figura 1 - Diagrama de Ishikawa
Fonte: Autor (2015)

4.3. Mão de Obra

No "M" de mão de obra do diagrama apresentado, algumas falhas foram observadas no ambiente operacional.

As principais falhas descritas foram a baixa quantidade de técnicos para um número alto de reparos pendentes, o que leva a empresa a não suprir toda a demanda de reparos gerados por dia e alguns dos técnicos não estarem treinados adequadamente para realização dos serviços na empresa, fazendo com que suas atividades em campo não sejam completamente eficientes levando a não restabelecer a linha do cliente no tempo pré-estabelecido.

4.4. Materiais

Foi observado que o técnico de campo em alguns casos não tinha o material necessário para a sua atividade, como por exemplo, cabos para fazer a instalação devida da linha ou manutenção necessária para retirar o reparo pendente.

Tratando de material, em alguns casos foram observados que o ferramental necessário para as atividades de campo estava em condições precárias o que fazia com que o técnico necessitasse trocar seu ferramental para novos equipamentos, o que demandava

mais tempo para iniciar o seu processo de retirada de reparo.

4.5 Método

Entende-se por posto não agendável, o lugar virtual do sistema da companhia onde os reparos são armazenados e permanecem nesse posto até o reparo ser trabalhado pelo técnico de campo, pode ser tanto um reparo em área de risco ou reparos preventivos.

Todo reparo em área de risco significa que o local do reparo é de difícil acesso ou coloca em risco a integridade física do técnico de campo devido à localidade ser em alguma comunidade onde há altos índices de violência.

Reparos preventivos são todos os reparos gerados por alguma falha nos cabos e que levam mais tempo para serem tratados, como por exemplo, chuvas constantes causando infiltrações nos cabos, furtos de cabos e acidentes com caminhões nas vias da cidade, são as principais causas desses reparos, esse tipo de reparo pode também ser realizado para melhoria da rede de telefonia da companhia.

Por ter um tipo de tratamento mais demorado para esse reparo, os clientes registram suas reclamações para a ANATEL, fazendo com que a agência reguladora estabeleça prazos curtos para o restabelecimento da linha telefônica do cliente. Entretanto, se trata de um reparo mais demorado e em muitos casos, não é possível priorizar o cliente reclamante.

4.6 Medidas

A causa do campo “medida”, de acordo com o que foi registrado no brainstorming, é a ausência de inspeção na rede em campo pelos próprios supervisores.

Devido ao fato da rede ser composta por cabos e armários, uma inspeção semanal é necessária, porém não é o que ocorre na realidade da empresa Telle. Devido à alta demanda de reparos por dia, as auditorias de rede são feitas esporadicamente ficando sempre em um segundo plano, fazendo com que a rede fique prejudicada e o material se deteriore levando à perda de sinal pelo cliente e gerando mais reparos.

4.7 Meio Ambiente

Na causa de meio ambiente, quando um reparo é registrado como em um local de área de risco o reparo demora mais tempo a ser executado, em alguns casos nunca é executado. Alguns motivos foram listados como a inacessibilidade ao local, registros de assaltos pelos técnicos de campo, tiroteio durante a execução do reparo, criminosos que impedem a atuação ou entrada do técnico na comunidade.

Esse tipo de situação faz com que o reparo continue na pendência levando ao assinante da linha registrar seu reparo na ANATEL para que as devidas providencias sejam tomadas.

4.8 Máquinas

Na causa de máquinas, foi registrada a falha nos equipamentos de pressurização dos cabos. Essas máquinas, quando em perfeito funcionamento, fazem com que os cabos não sofram infiltração ao ocorrer chuvas mais fortes como as registradas na cidade do Rio de Janeiro.

Quando essa máquina falha e ocorre chuva, os cabos inundam com a água da chuva fazendo com que milhares de clientes percam a sua linha. Ao registrar falha nos cabos, é gerado um reparo preventivo (nomenclatura dada pela própria companhia), fazendo que seja um reparo mais demorado e assim, levando mais tempo para o restabelecimento das linhas de todos os clientes.

5. Considerações Finais

Após o uso das três primeiras fases da metodologia DMAIC para definição, medição e análise das causas da companhia, a ferramenta mostrou-se eficaz para o objetivo proposto deste trabalho, levando a uma maior compreensão dos motivos de atrasos nos reparos registrados na ANATEL.
Medindo de forma mais abrangente algumas conclusões puderam ser feitas neste trabalho como o maior motivo de registros na ANATEL pelos clientes das operadoras de telefonia que são os reparos não atendidos dentro do prazo estipulado e também a maior causa de atrasos da companhia estudada.
Fazendo a exata medição, as ocorrências puderam ser quantificadas e qualificadas com o gráfico de Pareto como especificado nos objetivos deste trabalho, de acordo com as

frequências obtidas de cada reparo e visualizar os maiores motivos de reclamações e atrasos nos reparos pendentes.
A análise com gráfico de Pareto deixou claro onde a companhia deve priorizar seus esforços a fim de minimizar esses reparos que geram multas e tantas reclamações por parte dos clientes externos e melhorar sua imagem levando em conta que esses atrasos geram insatisfação nos assinantes de telefonia fixa.
Com o Diagrama de Ishikawa foi possível o apontamento de gargalos operacionais como a falha na resolução dos reparos pendentes onde os técnicos não cumpriam com suas atividades diárias seja por falta de ferramental ou treinamento adequado. As falhas no método da empresa estudada também fazem parte da maior causa de atrasos nesses reparos.
Usando o diagrama de Ishikawa como ferramenta para análise dos reparos, o objetivo deste trabalho, que era obter a resposta para saber o motivo pela qual os reparos atrasavam, pôde ser cumprido.
As falhas no setor de telefonia fixa é um problema recorrente nos bairros citados neste trabalho, entretanto, com a utilização as três primeiras fases da metodologia DMAIC foi possível realizar uma análise profunda das maiores ocorrências e tratar esses reparos para que seja possível diminuir o número de reclamações levando assim a diminuição das multas pelas companhias telefônicas e também aumentando a satisfação do cliente com o serviço prestado.

Referências

[1] ANATEL. Relatório Anual 2013 – Disponível em:<http://www.anatel.gov.br/Portal/verificaDocumentos/ documento.asp?numeropublicacao=312603&pub=original&filtro=1&documentoPath=312603.pdf>. Acesso em: 26/03/2015.

[2] DEMING, W. Edwards. Qualidade: A Revolução da Administração. São Paulo: Marques Saraiva, 1990

[3] FRANSMAN, M. *Innovation in the new ICT ecosystem. Communications &Strategies*, n. 68, 4th Quarter. p. 89-110, 2007.

[4] FREITAS, F. H. As Telecomunicações no Brasil e os desafios da regulação da concorrência. In: VII Congresso Internacional del CLAD sobre la reforma del estado y de la administración pública. Lisboa, 2002. Disponível em: <http://unpan1.un.org/intradoc/groups/public/documents/clad/clad0044310.pdf>. Acesso em: 15 out. 2015.

[5] FONTES. História das Telecomunicações 2012 – Disponível em:<http://www.oifuturo.org.br/wp-content/uploads/2012/12/HistoriadasTelecomunicacoes.pdf>. Acesso em: 30/02/2015

[6] LOVELOCK, Cristopher H.; WRIGHT, Lauren. Serviços: marketing e gestão. São Paulo: Saraiva 2001.

[7] ISHIKAWA, Kaoru (Tradução Iliana Torres). Controle da qualidade total: à maneira japonesa. Rio de Janeiro, Editora Campos, 1993.

[8] MAXIMIANO, Antônio Cesar Amaru. Introdução à administração. Atlas, 2004.

[9] PALADINI, Edson P. Gestão da Qualidade: Teoria e Prática. 2º Edição. São Paulo, Atlas, 2011.

[10] ________. Pesquisa Anual de Serviços. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

[11] SCATOLIN, André Celso. Aplicação da Metodologia Seis Sigma na Redução das Perdas de um Processo de Manufatura. São Paulo: Base-Unicamp, 2005.

[12] SIQUEIRA, E; Três Momentos da história das Telecomunicações no Brasil. Ed. DEZEMBROEDITORIAL; 1ª Edição, 2002.

[13] WERKEMA, Cristina. Criando a Cultura Lean Seis Sigma. 3º Edição Rio de Janeiro: Werkema, 2012.

[14] WERKEMA, Cristina. Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC. Belo Horizonte: Werkema, 2014.

CAPÍTULO 14

IMPLANTAÇAO DA METODOLOGIA DMAIC EM UMA INDUSTRIA DE CORTE E DOBRA DE AÇO PARA A CONSTRUÇAO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO

Frederico Celestino Barbosa
Lissandra Andréa Tomaszewski
Marcos Mateus dos Santos Silva

Resumo*:* Considerando-se a necessidade de se aplicar e aperfeiçoar as ferramentas de qualidade perante os desafios de gestão em empresas, objetivou-se neste trabalho aplicar os conceitos do Seis Sigma como ferramenta de gestão de modo a solucionar problemas de rentabilidade e perda numa indústria de corte e dobra de aço para construção civil. Especificamente, visou-se levantar uma base teórica, desenvolver metodologia adequada para planos de ação na empresa, e finalmente, reafirmar os conceitos da gestão por meio dos resultados. Utilizou-se, para tanto, a metodologia DMAIC, pondo-se em prática sua estrutura teórica. Obteve-se como resultado a identificação dos problemas de gestão e causas-raiz, deste modo, fez-se possível tomar medidas interventoras e consolidar um novo clima organizacional na empresa, otimizando seus processos, resultados de produção e lucratividade. Assim, concluiu-se que a metodologia, se corretamente aplicada, é eficaz quanto às suas propostas e tem relevância no avanço dos conhecimentos sobre gestão da produção.

Palavras Chave*:* Ferramentas da qualidade, DMAIC, gestão da produção

1. Introdução

A dinamicidade e globalização do mercado obrigam as empresas a serem cada dia mais competitivas. Diante deste cenário, é necessária uma rigorosa e competente gestão de seus custos operacionais, eficiência e eficácia de seus processos. Eliminar as atividades que não agregam valor e otimizar o uso de seus sistemas produtivos, do ponto de vista quantitativo e qualitativo, torna-se fator essencial para manter-se vivo no mercado. Assim, as empresas tem que adotar novo estilo de gerenciamento com ênfase na qualidade de seus produtos e serviços, de forma a satisfazer as exigências de seus clientes de maneira lucrativa.

Conforme Eckes (2001), uma maneira das empresas se aproximar da excelência está na implantação de sistemas de gestão eficazes e capazes de gerar maior rentabilidade, através da redução dos custos operacionais e dos desperdícios com a otimização dos seus processos, garantindo assim preços competitivos com boa margem de lucro.

A excelência na gestão pode ser tangenciada através da implantação de sistemas de gestão estratégica que permite o alcance das características supracitadas, necessárias como garantidoras (se bem gerenciadas), da manutenção da competitividade. Dentre os sistemas de gestão, destaca-se a utilização de programa como o *Six Sigma* (Seis Sigma) e o *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta).

Dentre as ferramentas da qualidade e metodologias inseridas nestes sistemas de gestão, destaca-se a metodologia DMAIC (*Define, Mensure, Analyse, Improve, Control*), que será devidamente elucidada no decorrer deste trabalho.

Problematiza-se, portanto, qual a eficácia da implantação dos conceitos de produção enxuta vinculados ao programa Seis Sigma, concomitantemente, às ferramentas da qualidade em uma indústria no seguimento de produção de aços longos no polo industrial de Uberlândia – MG, dos anos de 2009 a 2013.

Objetiva-se, então, aplicar os conceitos do Seis Sigma como ferramenta de gestão de modo a solucionar problemas de rentabilidade e perda na empresa, e aperfeiçoar os processos de produção da indústria. Especificamente, objetiva-se realizar um levantamento teórico, organizar um escopo de planos de ação na empresa por meio de uma metodologia elaborada e, por fim, através dos resultados obtidos, confirmar os conceitos pressupostos nas definições.

Este trabalho justifica-se pela necessidade de se aplicar e aperfeiçoar as atuais ferramentas de qualidade de modo a otimizar a produção das empresas que enfrentam desafios de gestão.

2. Referencial teórico

2.1 Qualidade

O termo qualidade foi conceituado por diversos autores, cada um com suas particularidades. Entende-se de Campos (1992) que a qualidade está intrinsicamente relacionada à satisfação e ao bem-estar dos seus clientes, sejam internos ou externos. Dentro da qualidade destaca-se a ênfase ao produto ou serviço, a confiabilidade nos processos, as pessoas envolvidas nos processos e as informações entre os departamentos.

De acordo com Souza (2008), a qualidade total concentra-se no controle do processo produtivo, garantindo a confiabilidade, ausência de defeitos e custos da qualidade. Acrescenta Kessler (2004) a diferenciação estratégica relacionada à qualidade do produto ou serviço de acordo com a perspectiva do cliente ou do mercado de atuação da empresa.

2.2 Seis Sigma

Entende-se de Rotandaro (2002) que a metodologia Seis Sigma mede a capacidade do processo em executar uma atividade com ausência de falhas reduzindo de forma significativa a variabilidade do processo, atendendo a uma qualidade do processo de 99,99966% de exatidão.

Assim, para Carvalho et al (2006) o Seis Sigma pode ser utilizado como uma ferramenta que busca a excelência através da busca da melhoria contínua nos processos.

2.3 Conceito DMAIC

Segundo Werkema (2011) DMAIC é um método que objetiva o alcance das metas estratégicas organizacionais, através do desenvolvimento de cinco etapas:

- *Define* (Definir) – definir com precisão o escopo do projeto;
- *Measure* (Medir) – coletar os dados e determinar a localização ou foco do problema;
- *Analyse* (Analisar) - determinar as causas de cada problema prioritário;
- *Improve* (Melhorar) – propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário;
- *Control* (Controlar) - garantir que o alcance da meta seja mantido em longo prazo.

2.4 Cinco porquês

A técnica dos "5 porquês" consiste em uma técnica simples efetiva que ajuda a compreender as razões da ocorrência de problemas, estabelecendo a existência de determinado problema e sua ocorrência, através da pergunta "porquê" (SLACK et al., 2009). Trata-se de uma técnica que não envolve análise estatística avançada, mas que consegue remover as nuvens que escondem as causas reais dos problemas.

3. Metodologia

3.1 Levantamento do funcionamento da fábrica

Inicialmente, foi feito o levantamento do perfil e funcionamento da empresa, do maquinário utilizado, de toda a gama de peças utilizadas e detalhes da sua operação.

3.2 Aplicação do DMAIC

3.2.1 Definir

Na fase *Define* (Definir), foram validados o problema e objetivos do projeto; os benefícios financeiros; o escopo do projeto; mapa de processo; selecionado o time do projeto e suas responsabilidades e os indicadores a serem medidos.

Em reunião entre o gerente da fábrica e o responsável pelo PCP, foi apresentado o problema. Definiu-se, portanto, a equipe do projeto seria composta pelo gerente da fábrica, um analista de projetos, o responsável pelo PCP e dois operadores líderes, sendo um de cada turno.

Para melhor compreensão do processo produtivo como um todo e identificação dos principais setores geradores de sucata, foi esboçado um mapa do processo. A partir do esboço criado pelo gerente da fábrica e PCP, reuniu-se toda a equipe para decidir quais indicadores seriam medidos.

As partes do processo escolhidas foram submetidas à Prova de Erro, ou seja, confirmar se de fato essas etapas eram responsáveis pela geração de sucata. Para tanto, adotou-se o procedimento de observar o processo produtivo por uma semana, identificando a origem da sucata gerada, além de analisar antigos relatórios de acompanhamento.

Uma vez determinados os problemas, foi aplicada, juntamente com a equipe do projeto, a metodologia dos Cinco Porquês, de modo a identificar as principais causas-raiz.

Logo em seguida, a equipe do projeto reuniu-se para realizar um "*brainstorming*" no intuito de encontrar potenciais soluções para os problemas identificados. Depois desta etapa, foram selecionadas as soluções mais viáveis e elaborou-se um plano de implementação.

3.2.2 Medir

Na fase *Measure* (Medir), os "*inputs*" e "*outputs*" do processo foram identificados juntamente com as variáveis do processo relevantes para o projeto e definido quais tipos de ferramentas seriam utilizadas para a análise dos dados.

Foram criadas planilhas do procedimento operacional a ser realizado, sendo fixada uma em cada máquina. Os operadores líderes de produção ficaram responsáveis por instruir e acompanhar este processo durante seu turno vigente.

3.2.3 Analisar

Na fase *Analyze* (Analisar), os dados foram analisados utilizando-se as ferramentas da qualidade definidos da fase *Measure*, com o intuito de encontrar um vínculo entre "*inputs*" e "*outputs*" desencadeadores de desperdício no processo. As potenciais causas-raiz levantadas e submetidas ao método *Mistake-Proofing* (Prova de Erro), a fim de verificar sua validade e, em seguida, as causas consideradas válidas foram submetidas ao

método b*rainstorming*, sendo selecionadas as principais ideias para solução do problema.

Conforme definido na fase "*measure*", utilizou-se o gráfico de Pareto para identificar a etapa de maior impacto no resultado final da perda metálica, de modo a concentrar nela os esforços iniciais de melhoria.

3.2.4 Melhorar

Na fase *Improve* (Melhorar), buscou-se redefinir o processo, eliminar as causas-raiz e adicionar valor aos clientes. Os resultados obtidos foram comparados aos objetivos traçados na fase *Define* e, uma vez aprovados, foram criados mecanismos de controle que pudessem garantir a continuidade das boas práticas adotadas.

A equipe do projeto decidiu programar a planilha que pré-definiria as quantidades de sobras descartáveis que virariam sucata, identificando os possíveis problemas. Foram realizados testes na fábrica com operadores mais experientes na função.

3.2.5 Controlar

Na fase *Control*, foi discutido em reunião com a equipe do projeto sobre a transmissão dos resultados do projeto e os procedimentos para manutenção dos ganhos, sendo implementados os mecanismos de controle criados na fase antecedente.

4. Resultados

A empresa é uma multinacional do ramo siderúrgico, cuja unidade fabril é voltada para produção de aço cortado e dobrado para a construção civil, atendendo pedidos específicos (Produção Puxada). Os clientes enviam seus projetos estruturais para a unidade industrial que, por sua vez, faz um levantamento de todas as peças existentes nesse projeto, em um processo chamado Planilhamento, e as produz de acordo com a necessidade da obra.

Figura 3 – Peças cortadas e dobradas
Fonte: Editada pelos autores.

As peças produzidas são multiformes e multidimensionais, porém os diâmetros (bitolas) dos metais utilizados seguem um padrão, sendo 4,2 mm – 5,0 mm – 6,3 mm – 8,0 mm – 10 mm – 12,5 mm – 16 mm – 20 mm e 25 mm. As bitolas de 4,2 a 12,5mm vêm do fornecedor em forma de bobinas de 1600 kg e as de 16 a 25mm em barras de 9, 10, 11, 12 e 14 metros.

Figura 4 –Bobinas e barras
Fonte: Editada pelos autores

A unidade fabril conta com 5 máquinas produtivas, sendo duas semiautomáticas e três manuais. As semiautomáticas são a Aço8, capaz de produzir peças com as bitolas de tamanho 4,2 mm até 8 mm, e a Prima12R, capaz de produzir peças com as bitolas de diâmetro 10 mm e 12,5mm, fazendo tanto cortes como dobras. As manuais são a C3, capaz de produzir peças com as bitolas de 16 mm a 25 mm, fazendo apenas cortes, e duas máquinas P3, capazes de dobrar todas as bitolas caso necessário. Esta máquina é manual e faz apenas dobras.

Como a matéria-prima chega à unidade em forma de bobinas, para que as peças sejam produzidas é necessário que o material saia da máquina em forma de barra reta. Por exemplo, para que seja produzida uma peça em formato L de dimensões 20x140cm, deve sair da máquina uma barra de 20 cm, a máquina então executa automaticamente a dobra e continua "puxando" da bobina os demais 140 cm. Em seguida, a máquina executa o corte. Para que as barras saiam retas das bobinas, é necessário que passem por um conjunto de roldanas que "endireitam" as bobinas. As roldanas, portanto, precisam ser reguladas a cada troca de matéria-prima

Figura 5 – Fase antecedente às roldanas
Fonte: Schnnel Brasil (2014).

Figura 6 – Bobinas passando pelas roldanas
Fonte: Schnnel Brasil (2014)

.

A máquina denominada C3 é responsável pelo corte das barras retas de 16,0mm a 25,0mm. Seguindo o exemplo da peça anterior de 20cm por 140cm, caso esta precisasse ser produzida na bitola de 16,0mm, o operador da máquina de corte precisaria cortar uma barra de 160cm e encaminhá-la em seguida para a máquina de dobra P3 para que a peça fosse finalizada.

Figura 7 - Máquina C3
Fonte: Schnnel Brasil (2014).

A máquina de Dobra P3 por sua vez (Figura 8), executa a dobra de todas as peças que saem da máquina C3 que não tenham formato final de uma barra reta e algumas peças que não podem ser completamente dobradas nas máquinas semiautomáticas por limitações do equipamento.

Figura 8 - Máquina de dobra P3
Fonte: Schnnel Brasil (2014).

Após serem dobradas na máquina P3, as peças unem-se com as demais produzidas por completo nas máquinas semiautomáticas e às produzidas na máquina de corte que não necessitam de dobras no estoque de materiais acabados disponíveis para carregamento.

Segue abaixo o mapa do processo que foi desenvolvido durante a execução do projeto para que o leitor tenha uma visão ampla do processo produtivo.

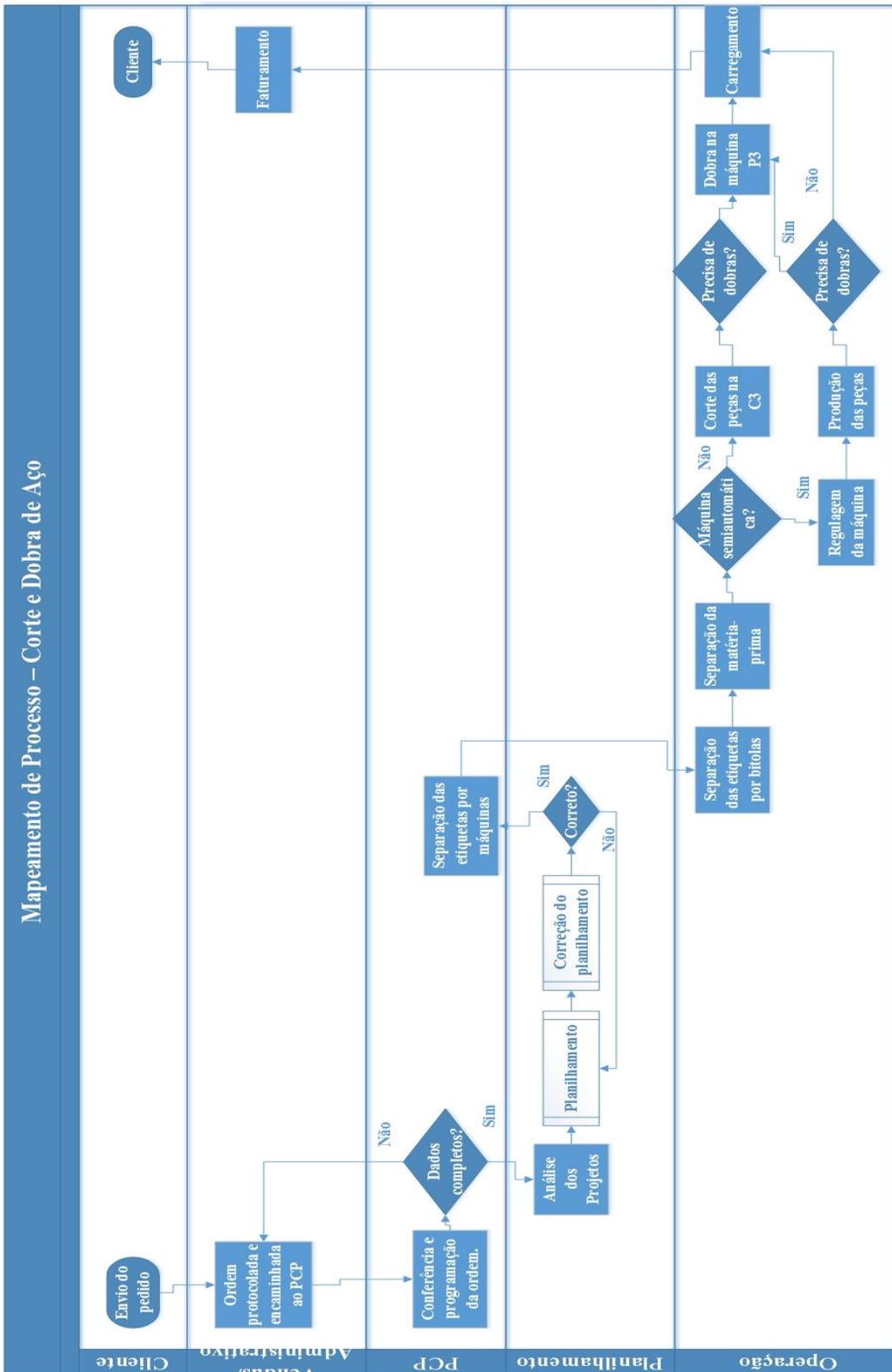



Figura 9 – Mapa do Processo
Fonte: Elaborada pelos autores.

4.1 Desenvolvimento do projeto

4.1.1 Fase Definir

Na primeira fase do método DMAIC, a perda metálica foi indicada como o principal problema enfrentado pela unidade industrial. Enquanto a média nacional de perda era de 15 kg/ton, os números variavam entre 35 e 45 kg/ton, com uma média de 38,7 kg/ton, já tendo chegado ao pico de 60 kg/ton.

Ao gerente da fábrica, coube conduzir o projeto e aplicar a metodologia. Os operadores líderes e analistas de projeto se incumbiram de colher os dados em suas respectivas áreas. Ao PCP, coube a responsabilidade de reunir os dados e garantir que a coleta fosse realizada de acordo com o plano pré-estabelecido.

Seguindo o mapa do processo, foram identificados como processos geradores de sucata: Planilhamento, Regulagem, Erro de dobra na máquina manual P3, Programação das Peças, Sobras das barras de 16, 20 e 25mm.

Os problemas identificados foram: Erro de Planilhamento, Erro de Programação, Dificuldade na Regulagem de Bobinas e Sobras de pontas na C3.

Constatou-se que os picos de perda metálica foram decorrentes do aumento da demanda por bitolas mais grossas, e desde então a fábrica começou a ter ainda maiores dificuldades em aproximar-se da média nacional do indicador.

A submissão dos problemas encontrados no processo à prova de erro foi fundamental para garantir a escolha correta dos indicadores a serem medidos. Considerando que o quilo da matéria-prima adquirida custa em média R$3,00 e o quilo de sucata é vendido para reprocessamento no valor de R$0,25/kg, calculou-se que haveria um acréscimo no resultado financeiro da fábrica de R$2,75 por cada quilo de sucata reduzido. O objetivo na empresa, portanto, foi conduzir a fábrica ao alcance da marca de 15 kg/ton, contra uma média atual de 38,7 kg/ton. Caso o objetivo do projeto seja atingido, o incremento mensal para a fábrica que produz em média 300 ton/mês será de R$ 19.552,50.

Quanto à observação do processo produtivo, não foram identificadas sucatas geradas por erros de dobras na máquina manual P3, nem dados significativos nos relatórios apontando essa causa. De igual maneira, não foram identificadas sucatas geradas por erros de planilhamento, no entanto, segundo relato dos próprios analistas de projetos e com alguns raros históricos de análise de falha, o planilhamento permaneceu como atividade a ser medida e estudada.

Portanto, os indicadores foram definidos conforme descrito no Quadro 1 a seguir

Quadro 1 – Indicadores de perda

Indicador
Quilo de sucata por tonelada de produção gerada por erro de planilhamento
Quilo de sucata por tonelada de produção gerada por dificuldades de regulagem das bobinas nas máquinas semiautomáticas
Quilo de sucata gerada por tonelada de produção devido a peças produzidas erradas por erro de programação
Quilo de sucata gerada por tonelada de produção por sobra de pontas na produção de peças na máquina manual C3 (Ex: Se duas peças de 16,00mm possuem 4,1m cada, utiliza-se uma barra de 9m para cortá-las, a sobra de 80cm se torna sucata).

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.2 Fase Mensurar

Para garantir que os dados fossem coletados adequadamente, criou-se planilhas com informações básicas sobre como coletar os dados e colocou-se uma em cada máquina, sendo que os operadores líderes de produção ficaram responsáveis por instruir e acompanhar este processo durante seu turno vigente.

Tabela 1 – Total de sucata

Bitola (mm)	Produção (Ton)	Sucata (kg)	Sucata/Produção (kg/ton)
4,2	6,972	52	7,46
5,0	10,892	102	9,36
6,3	14,845	156	10,51
8,0	25,434	307	12,07
10,0	62,731	907	14,46
12,5	52,125	786	15,08
16,0	68,176	3240	47,52
20,0	33,934	3129	92,21
25,0	28,714	2157	75,12
TOTAL	**303,823**	**10836**	**35,67**

Fonte: Elaborada pelos autores.

Nas máquinas Prima12R e Aço8 foi criada uma planilha contendo campos para apontar a sucata gerada por bitola por tipo de erro ou dificuldade, a saber, erro de programação e dificuldade de regulagem da máquina.

Tabela 2 – Sucata gerada na Prima12R e Aço8

Bitola (mm)	Erro de Programação (kg)	Dificuldades na Regulagem (kg)
4,2	11	41
5,0	16	86
6,3	22	134
8,0	9	298
10,0	56	851
12,5	82	704
TOTAL	**196**	**2114**

Fonte: Elaborada pelos autores.

Na máquina C3, foi colocado uma planilha contendo campos para que fosse informado a sucata por bitola e o tamanho em metros da sobra gerada.

Tabela 3 – Sucata gerada na C3

Bitola (mm)	Sucata (kg)
16,0	3240
20,0	2680
25,0	2157
TOTAL	**8077**

Fonte: Elaborada pelos autores

Todo o material encontrado na fábrica durante a inspeção final de qualidade, ou devolvidos pelos clientes por não-conformidade devido a problemas de planilhamento, seriam computadas como sucata gerada pela processo de planilhamento de projetos.

Todos os dias os dados seriam conferidos pelo gerente da fábrica e PCP, e se houvessem dúvidas sobre o levantamento, as pessoas responsáveis eram convocadas para esclarecê-las.

Ao longo do mês constatou-se que foi gerado ao todo na fábrica 10.836 kg de sucata, contra uma produção de 303,8 toneladas.

Observou-se, então, que o total de sucata gerada computada na C3 foi menor que o total gerado pela fábrica. Isto ocorreu em decorrência de 449 kg terem sido gerados por erro de planilhamento.

A partir desses dados, decidiu-se que seria feito o gráfico de Pareto para identificar o impacto de cada etapa do processo medido sobre a perda metálica total da fábrica.

4.1.3 Fase Analisar

A etapa "*Analyze*" teve por objetivo identificar e verificar as causas-raiz dos problemas levantados, criar soluções para estes problemas e definir a forma como seriam implementados. O resultado obtido pode ser observado no gráfico expressado na Figura 10 a seguir.

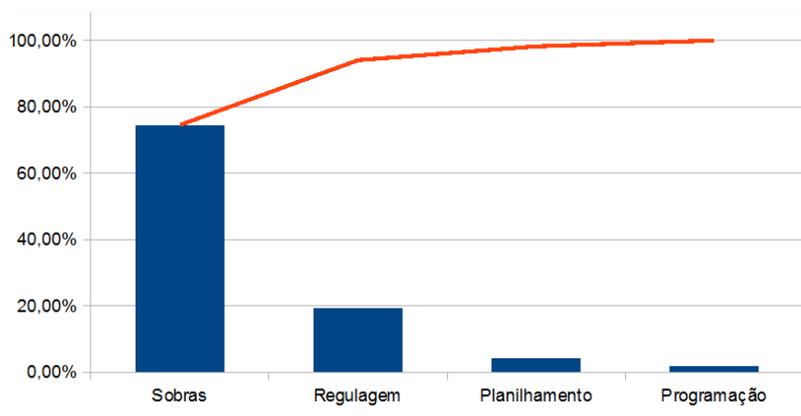



Figura 10 – Causas-raiz
Fonte: Elaborada pelos autores

Conforme pôde ser observado no gráfico, a sobra de barras na máquina C3 foi responsável por aproximadamente 75% das perdas na fábrica, seguida da regulagem de bobinas nas máquinas semiautomáticas, Aço8 e Prima12R, com aproximadamente 20% de peso sobre o resultado. O Planilhamento de projetos foi responsável por 4% e a programação de peças nas máquinas semiautomáticas foi responsável por aproximadamente 2% da perda metálica.

O quadro 1 abaixo demonstra a perda metálica por indicador escolhido na fase *Define* que reafirmam os resultados observados no gráfico.

Quadro 2 – Perda metálica por produção total

Indicador	Kg de sucata/ Ton. De Produção Total da fábrica
Kg de sucata por tonelada de produção gerada por erro de planilhamento	1,477946017
Kg de sucata por tonelada de produção gerada por dificuldades de regulagem das bobinas nas máquinas semi-automáticas	6,958525346
Kg de sucata gerada por tonelada de produção devido a peças produzidas erradas por erro de programação	0,64516129
Kg de sucata gerada por tonelada de produção por sobra de barras na produção de peças na máquina manual C3	26,58657011

Fonte: Elaborado pelos autores.

A ferramenta de qualidade “Cinco Porquês” teve a finalidade de descobrir as causas-raíz responsáveis pela perda metálica em cada um dos processos analisados. Os Resultados podem ser observados nos quadros que se seguem.

Quadro 3 – Problema de sobra de pontas na máquina C3

Sobra de pontas na máquina C3	
1º porquê	O tamanho das peças com o tamanho das barras não coincidem
2º porquê	Nem sempre encontram-se peças que tendo o seu tamanho somado, cheguem próximos do tamanho das barras disponíveis (9,10,11,12,e 14m)
3º porquê	Falta tempo e conhecimento para os operadores fazerem os cálculos de todas as peças a serem cortadas
4º porquê	Nas oportunidades em que isto foi tentado, o tempo de processo e a perda metálica acabaram aumentando
5º porquê	Não existe uma pessoa com treinamento específico para fazer um plano de corte otimizado para reduzir a quantidade de sucata gerada

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 4 – Problema de regulagem das bobinas

Geração de sucata durante a regulagem das máquinas semiautomáticas	
1º porquê	Desperdício de material durante a regulagem
2º porquê	É necessário fazer a máquina funcionar manualmente para testar a regulagem
3º porquê	Para verificar se o material que está saindo está regulado corretamente
4º porquê	Se o material não estiver dentro do padrão de qualidade, a função cortar da máquina é acionada e o material descartado
5º porquê	O material já foi “amolecido” e não serve mais para testar uma nova regulagem

Fonte: Elaborado pelos autores.

Quadro 5 – Problema de erro de planilhamento

Erro de Planilhamento	
1º porquê	Erro na correção do planilhamento
2º porquê	Falta de percepção ou conhecimento do analista
3º porquê	O mesmo detalhe ignorado pelo analista no planilhamento, continua sendo ignorado por ele durante a correção
4º porquê	O mesmo analista que planilha corrige o projeto que analisou
5º porquê	Não existe um padrão de planilhamento e correção

Fonte: Elaborado pelos autores.

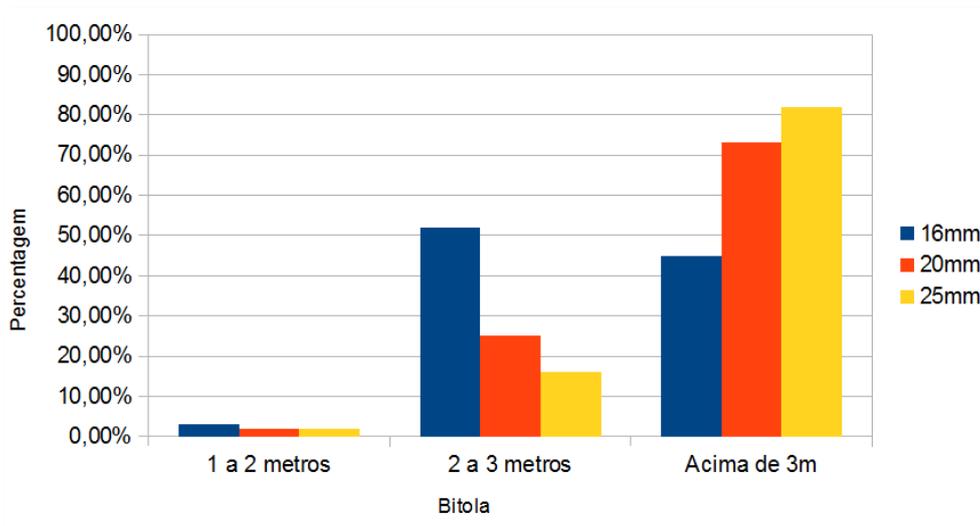
Quadro 6 – Problema de erro de programação das peças

Erro de Programação	
1º porquê	Peças com defeito por erro de programação
2º porquê	Programações com erro de digitação
3º porquê	Colaborador não confere a programação após digitá-la
4º porquê	Colaborador deseja ganhar tempo
5º porquê	Não existe nada no padrão que estabeleça conferência após a digitação

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a identificação das principais causas-raiz dos problemas, a equipe do projeto realizou um *brainstorming* no intuito de encontrar potenciais soluções para os problemas identificados. Após esta etapa, selecionou-se aquelas que seriam as soluções mais viáveis e elaborou-se um plano de implementação.

Foi definido o tamanho de sobra a ser considerada como sucata e qual comprimento seria considerado como material utilizável. Para isto foram reunidos todos os projetos planilhados em um mesmo mês e separadas as peças de 16 mm, 20 mm e 25 mm por comprimento, a fim de verificar a frequência em que estes comprimentos apareciam nos pedidos dos clientes. O resultado está exposto no gráfico expressado na Figura 11 a seguir.

Figura 11 – Percentual de comprimentos por bitola

Fonte: Elaborada pelos autores.

Analisando-se o gráfico, observou-se que nenhuma das bitolas tem quantidade significativa de peças menores que 2m, por outro lado, a bitola de 16 mm teve uma quantidade significante (52%) de peças entre 2m e 3m. Já as bitolas de 20 e 25 mm tiveram uma significância média, de 25 e 16%, respectivamente.

4.1.4 Fase Melhorar

Para solucionar a quantidade de sucata gerada durante o processo de corte de peças na máquina C3, alterou-se o padrão operacional dos analistas de projetos. Estes passaram a ser responsáveis por separar as etiquetas por bitola e comprimento e elaborarem um plano de corte utilizando-se de uma planilha programada em *Visual Basic*, que selecionava as peças que deveriam ser cortadas juntas e qual tamanho de barra seria utilizada. As etiquetas passaram a ir para a produção separadas em pequenos lotes com uma planilha de corte anexada.

A planilha programada permitia sobras descartáveis de no máximo 1,2m na bitola de 16 mm e de no máximo 1,8 metros nas bitolas de 20 e 25 mm, acima disso, a planilha geraria peças utilizáveis acima de 2 m na bitola de 16 mm, e maiores que 3 m nas bitolas de 20 e 25 mm. Por exemplo, duas peças de 16 mm de 4,1 m serão cortadas em uma barra de 9m com uma sobra descartável de 80 cm. Já duas peças de 16 mm de 365 cm cada, não serão cortadas em uma barra de 9 metros com sobra descartável de 170 cm, mas em uma barra de 10 metros sobrando uma barra utilizável de 280 cm.

Para solucionar o problema de geração de sucata durante o processo de regulagem, foram realizados testes na fábrica com operadores mais experientes na função e, diagnosticou-se que não havia interferência significativa na regulagem da máquina caso utiliza-se a mesma parte da bobina utilizada em uma primeira tentativa, tratando-se apenas de um costume adquirido pelos operadores ao longo dos anos.

Desta forma, determinou-se que ao invés de acionar a opção de corte da máquina, após uma primeira tentativa de regulagem frustrada, fosse utilizado a opção recuo, para que o material fosse rebobinado e fosse utilizado novamente.

Outro problema identificado como processo gerador de sucata foi a programação, e sua causa-raiz identificada foi a inexistência de padrão de conferência pós-programação da máquina. Para a sua resolução, definiu-se que depois da programação, o operador tivesse que conferi-la com a etiqueta antes de acionar a máquina.

Também foi identificado como problema o planilhamento. Para a resolução do problema, alterou-se o padrão de modo que um analista fizesse o planilhamento e outro analista fizesse a correção. Depois de um mês de implantação dessas soluções apresentadas acima, os resultados voltaram a ser medidos e comparados com os resultados coletados originalmente.

Observou-se então que houve uma redução (Tabela 4) na perda metálica da fábrica em 72,68%, colocando-a em um patamar superior à média nacional.

Tabela 4 – Redução percentual de sucata

Bitola (mm)	Produção (ton)	Sucata (kg)	Sucata/ Produção (Kg/ton)	Redução
4,2	7,143	21	2,94	60,58%
5	10,581	37	3,5	62,64%
6,3	15,117	62	4,1	60,97%
8	26,138	203	7,77	35,66%
10	64,233	267	4,16	71,25%
12,5	56,219	321	5,71	62,13%
16	72,765	715	9,83	79,32%
20	38,792	876	22,58	75,51%
25	31,497	640	20,32	72,95%
Total	322,485	3142	9,74	72,68%

Fonte: Elaborada pelos autores.

O número alcançado de 9,74 kg/ton, tendo-se em conta que a fábrica produziu no mês 322,485 toneladas gerou uma economia de R$ 22.988.87.

4.1.5 Fase Controlar

Definiu-se que a transmissão dos resultados do projeto e os procedimentos para manutenção dos ganhos seria realizada pelo gerente da fábrica durante a reunião regional mensal.

Para manutenção dos ganhos, foi apresentado o projeto para toda a equipe da unidade e todos foram treinados no novo padrão de produção e planilhamento.

Definiu-se novas metas de kg/ton por bitola e por máquina, sendo que os dados seriam acompanhados por operador e por turno de produção. Todos os dados seriam incluídos em planilhas de controle. Toda vez que um resultado estivesse fora do padrão, o operador juntamente com o operador-líder, PCP, e gerente da fábrica se reuniriam para diagnosticar a falha e traçar um plano de ação para retornar o resultado para dentro da meta.

5. Conclusão

A aplicação das ferramentas de gestão e qualidade do Seis Sigma através da metodologia DMAIC possibilitou abordar o problema de forma ampla e profunda através da integração dos profissionais de todos os departamentos envolvidos, mostrando-se eficaz, uma vez que contribuiu para a significativa redução da perda metálica na fábrica em 72,68%, superior à maioria das

fábricas nacionais, cuja média da perda metálica era de 15kg/t, gerando uma economia de R$ 22.988.87.

O Resultado obtido evidencia que houve um aprimoramento do processo produtivo, através da melhoria da qualidade e consequente redução de custos.

Conclui-se portanto, que o presente trabalho aplicou de forma satisfatória os conceitos da metodologia DMAIC em um problema real, no intuito de reduzir os desperdícios gerados durante o processo produtivo de corte e dobra de aço para construção civil.

Referências

[1] BRITO, F. O.; DACOL, S. A manufatura enxuta e a metodologia seis sigma em uma indústria de alimentos. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, RJ, 2008.

[2] CAMPOS, V.F. *TQC*: Controle da qualidade total (no estilo japonês). Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de engenharia da UFMG, p. 14, 1992.

[3] CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. Gestão da Qualidade – Teoria e casos. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

[4] ECKES, George. A Revolução Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campos, 2001.

[5] KESSLER, Rafael Motta. A implantação do Seis Sigma em organizações: motivações de escolha e resultados obtidos. 113f. Dissertação (Mestrado em Administração) – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004..

[6] RIANI, Aline Mattos. O Lean Manufacturing Aplicado na Becton Dickinson. 2006. 52 f. Dissertação (Faculdade de Engenharia, B.Sc.,Engenharia de Produção,) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora. 2006.

[7] ROTONDARO, R. Seis Sigma: Estratégia Gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

[8] SCHNNEL Brasil. Portfólio, 2014. Disponível em: <http://www.schnellbrasil.com.br/portfolio_type/produtos/>. Acesso em: 01 de fev. 2016.

[9] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção. 3ed. Ed. Atlas: São Paulo, 2009.

[10] *SOUZA, J.V. de; CAMPOS; CAMPOS, R. de Mapeamento de processos de produção de açúcar visando a rastreabilidade do produto. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, ENEGEP, 2008.*

[11] WERKEMA, Cristina. Lean Seis Sigma: Introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2 ed. Ed. Elsevier: Rio de Janeiro, 2011.

CAPÍTULO 15

METODOLOGIA SEIS SIGMA: AUMENTO DA QUALIDADE APLICADA A UMA EMPRESA DE TECNOLOGIA

Elen Nara Carpim Besteiro
Robisom Damasceno Calado
Emílio Gruneberg Boog
Tatiane Ferreira de Sousa

Resumo*:* O trabalho em questão tem como objetivo demonstrar como o seis sigma pode atuar para contribuir para a melhoria de desempenho da qualidade, bem como é aplicada a metodologia DMAIC em uma empresa do segmento eletroeletrônico. A pesquisa visa explanar de que modo à aplicação da ferramenta pode melhorar o tempo de atendimento empregado para a entrega de materiais oriundos do estoque para a linha de produção, para tal passar-se-á pelas fases de definição do problema, mensuração e coleta de dados, análises dos dados coletados, proposição e desenvolvimento de melhorias e demonstração dos controles efetuados.

Palavras Chave*:* Seis Sigma, DMAIC, Estatística, Qualidade

1. Introdução

O presente trabalho busca verificar como a abordagem Seis Sigma pode atuar na gestão dos sistemas de qualidade, visa demonstrar as vantagens e desvantagens do uso da ferramenta, apontar como era a situação anterior e o que se obteve após o uso dessa ferramenta.

Segundo Reosekar e Pohekar (2014) o Six Sigma é uma estratégia de melhoria do processo que proporciona a redução de erros e defeitos no processo de operações e serviços, portanto melhora-se a satisfação dos clientes, aumenta-se a participação de mercado e resulta na melhor rentabilidade do negócio. Seis Sigma é desenvolvido para acelerar a melhoria de produtos, processos e qualidade dos serviços, pois atua na eliminação dos desperdícios (ANTONY E BANUELAS, 2002). Esta estratégia colaborou para o aumento da rentabilidade de empresas como Motorola, General Electric, Polaroid e Allied Signal, através da redução de defeitos de produtos, processos e serviços (HARRY E SCHROEDER, 2000).

As empresas têm adotado esta estratégia no formato de programa, conhecido por programas Seis Sigma se difundiram, não só em ambientes de manufatura, mas também no setor de serviços. O programa Seis Sigma traz vários elementos de diversas eras da qualidade. Um dos elementos mais marcantes deste programa é a adoção estruturada do pensamento estatístico (CARVALHO, PALADINI *et al*, 2012).

Seis Sigma pode ser considerado uma estratégia gerencial de mudanças, para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços, que atua na redução da variação do resultado entregue aos clientes, e aumenta significativamente o resultado da empresa, pois reduz drasticamente os custos da não qualidade, como desperdícios, inspeções, retrabalho, sucata, perda de clientes e desgaste da imagem (CAMPOS, 2015).

Esse trabalho busca responder as seguintes questões de pesquisa: Como a abordagem Seis Sigma pode auxiliar na gestão da qualidade? Como implementar o uso dessa abordagem e suas ferramentas? Quais os benefícios que podem ser atingidos? E quais as principais dificuldades do uso desse tipo de abordagem? Desta forma o presente trabalho tem como principal objetivo compreender os benefícios da utilização da abordagem Seis Sigma.

A qualidade e a estratégia seis sigma

A definição concreta do que se tem como qualidade é algo muito subjetivo, pois cada indivíduo pode ter uma concepção diferente do que significa essa palavra. Toledo, Borrás, Mergulhão e Mendes (2012), sustentam essa afirmação buscando uma definição encontrada em dicionários: “propriedade, atributo ou condição coisas ou das pessoas capaz de distingui-las das outras e de lhes determinar a natureza”.

De acordo com Rotondaro (2014), o Seis Sigma é uma filosofia de trabalho para alcançar, maximizar e manter o sucesso comercial, por meio da compreensão das necessidades do cliente (internas e externas). É um conceito que se concentra no cliente e no produto. Os autores citados, acreditam que a abordagem ou filosofia corroboram para a estratégia de melhoria continua da qualidade das empresas, porém de acordo com Heavy e Murphy (2012), existe necessidade de identificar os pontos de melhorias ao apontar os pontos fortes e fracos da metodologia, bem como as contribuições das ferramentas utilizadas.

Ferramenta DMAIC (define-measure-analyze-improve-control)

Segundo Gijo e Sarkar (2013), que há duas abordagens diferentes na aplicação de metodologia Seis Sigma, ou seja, Design for Six Sigma e o DMAIC – *define* -*measure* – *analyze* – *improve* - *control* (tradução: definir-medir-analisar-melhorar-controlar). A abordagem DMAIC foi selecionada para o estudo e compreensão dos benefícios da utilização da abordagem Seis Sigma.

Conforme Costa, et al (2013); (Carpinetti, 2012); (Toledo, Borrás, Mergulhão e Mendes, 2012) o modelo DMAIC fornece orientação e ferramentas para o planejamento, implementação e padronização de aprimoramentos significativos em um processo que apresente problemas ou oportunidade de qualidade ou eficiência, em suma é um procedimento passo a passo para realizar uma meta do Seis Sigma. Abordagem onde:

- Definir (D, define): a fase define é a etapa na qual são definidas as prioridades e consiste em determinar quais são os requisitos do cliente e traduzir essas necessidades em Características Críticas para a Qualidade
- Medir (M, measure): define o measure como métrica, na qual é necessário criar um padrão de avaliação e mensuração para a melhoria dos processos
- Analisar (A, analyze): na etapa de análise, o objetivo é identificar as causas fundamentais do problema. Para isso, os dados coletados na fase anterior servirão de base para as analises e conclusões desta etapa ; e novas coletas de dados podem ser necessárias . De acordo com Carvalho e Paladini et al (2012) nessa fase é necessária a utilização de ferramentas tradicionais da qualidade e ferramentas estatísticas para identificar as (Xs) causas óbvias e as causas (Xs) não óbvias. A utilização de um software estatístico facilita os cálculos e desenha os gráficos necessários.
- Melhorar (I, improve): nesta etapa, após concluídas as análises e a proposição de melhoria, deve-se planejar e executar a ação de melhoria . Esta etapa ainda pode requerer experimentos para validar as melhorias propostas.
- Controlar (C, control): esta etapa tem por objetivo garantir que as melhorias obtidas não se percam. Para isso, devem-se rever os procedimentos, incluindo novos controles sobre o processo, como instruções de trabalho, registros e outros meios.

Outras ferramentas da qualidade

Brainstorming - Para aplicação dessa ferramenta, é necessário o envolvimento dos gestores, em uma sessão são apresentadas as métricas internas que influenciam a satisfação dos clientes. Nas sessões de brainstorming podem-se identificar parâmetros de processos cruciais classificados como responsável pela satisfação dos clientes (Ray e Das, 2010). O método depende da liberdade de pensamento permitida , o que é , na verdade , encorajada. Depende, também, de se evitarem críticas e avaliaç ões prematuras das sugestões e da sinergia que emerge da interação das ideias propostas (OLIVEIRA, 2012).

Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa) - O Diagrama de Ishikawa é bastante popular na implementação do Seis Sigma no que se refere várias causas para um efeito. Os passos são:

a) a realização de sessão de brainstorming para identificar ideias / sintomas/ causas que são relacionadas com o efeito;

b) identificar as possíveis causas das ideias / sintomas; e

c) agrupar as causas de sua associação natural, popularmente sob quatro Ms (isto é, o homem- máquina-método-material). Para Tubino (2009) o diagrama de causa-efeito de Ishikawa é a representação de um processo como a reunião organizada de seis fatores, ou causas, conhecidos como os " 6M" (matérias-primas, máquinas, mão de obra , métodos, medidas e meio ambiente), no sentido de gerar uma saída ou um efeito (no caso de um sistema produtivo, um produto).

Minitab - Segundo Campos (2015) o MINITAB é um software estatístico desenvolvido pela *Minitab INC State College*, EUA, em 1972, com o propósito original de auxiliar professores a ensinar estatística básica, tornando-se, também, largamente utilizado no meio empresarial, oferecendo precisão e ferramentas de fácil uso para controle de qualidade, controle estatístico de processo, planejamento de experimentos, confiabilidade, análise de sobrevivência e estatística geral. Conforme Kreyszig (2008) *outlier* é o termo em inglês para um valor discrepante , sendo aquele que se destaca do restante do conjunto de dados , ou seja, de acordo com Bruni (2011) quando alguns dados apresentam -se de forma irregular em relação aos demais, com valores muito altos ou muito baixos, são denominados valores extremos, ou *outliers*. Desta forma o destaque do *outlier* possibilita uma análise

posterior mais aprofundada destes valores e a sua eventual exclusão dos estudos.

Sistema ERP - Muitas empresas ao redor do mundo têm implementado ERP - Enterprise Resource Planning (tradução: planejamento de recursos empresariais) nos últimos 20 anos. Durante o mesmo período de tempo, a implementação de sistemas ERP têm gerado interesse e obtido resultados interessante (Aladwani, 2001; Amoako-Gyampah and Salam, 2004). ERP é um software que melhora a gestão das empresas, automatizando os processos e integrando as diversas áreas das empresas. Criam uma base de dados operacional e gerencial confiável, que facilita e sincroniza o trabalho de diferentes departamentos, evitando perda de informação, eliminando retrabalhos e reduzindo custos (CIGAM, 2015).

Metodologia

A metodologia aplicada neste estudo foi uma pesquisa qualitativa referente ao tema proposto, podendo também ser definida como pesquisa exploratória e a análise de dados. Qualitativa pois descreve a metodologia adotada pela empresa investigada. Também consiste em uma forma de estudo que parte de uma visão quantificável , o que significa traduzir em nú meros opiniões e informações para classificá- las e analisá- las . Técnica que geralmente se utilizam recursos e técnicas estatísticas (FILHO F. E FILHO A., 2013).

Por meio de um levantamento bibliográfico e documental buscou-se fazer a interpretação e análises dos dados encontrados na pesquisa, visando a busca de subsídios para a fundamentação da metodologia e a busca concreta de como o Seis Sigma pode auxiliar na gestão da qualidade, como implementar o uso dessa abordagem e quais os benefícios podem ser atingidos.

Apresentação dos resultados

A empresa alvo do estudo é uma empresa multinacional com 30 anos de mercado no segmento de manufatura de eletroeletrônicos. O setor a ser estudado é o responsável por fazer o retrabalho dos produtos que apresentaram alguma falha encontrada pelos clientes, especificamente placas de circuito eletrônico.

4.1. Aplicação do Modelo DMAIC

Conforme descrito no referencial teórico, o Seis Sigma apresenta algumas fases para ser implementado; nesse estudo estão apresentadas as etapas aplicadas para melhoria da qualidade em um dos projetos da empresa:

A Fase Definir (D) - define o cliente, suas exigências, a constituição da equipe e o processo chave que atinge o cliente. O projeto em questão busca melhorar a produtividade do processo produtivo apresentando soluções para melhorar o controle de materiais que se encontram no estoque. Para atender as expectativas da empresa levantou-se o tempo de atendimento, tempo que o estoque leva para atender aos pedidos da linha de produção, como a característica crítica para a qualidade (CTQ).

O Y do projeto é caracterizado pelo que exatamente deseja-se melhorar no processo, a situação proposta é melhorar o tempo de atendimento da entrega das peças trazidas do estoque para a linha de produção, evitando assim o crédito dos aparelhos e o atraso no retrabalho das placas. No caso, os Xs potenciais, ou seja, as causas potenciais apresentadas serão apontadas no *brainstorming*.

A Etapa Medir (M) - para a etapa de mensuração mediu-se o tempo de atendimento do estoque, sendo definido pelo tempo, em segundos, entre a realização do pedido e a entrega do componente na linha de produção. Uma vez que se constatou na fase de definição que o principal critério crítico para a qualidade é o tempo de entrega, portanto, sendo o problema fundamental a ser resolvido, logo as melhorias que acontecerem além da esperada podem ser chamadas de ganho marginal ou melhoria colateral. Com o programa Minitab foi possível confeccionar o gráfico sumo (Figura 1), que apresenta diversas informações como a média, o desvio padrão (DesvPad), Variância, o número de dados apresentados (N), os quartis, intervalos de confiança, entre outros, dentre elas a representação dos *outliers* contidos no processo, que se dão através dos asteriscos.

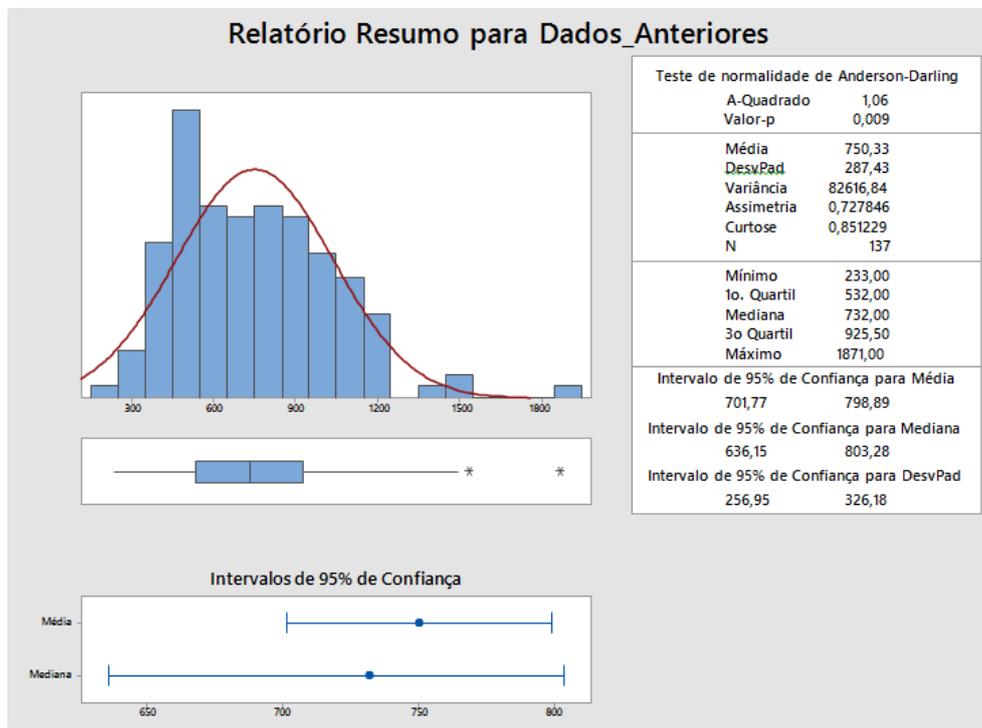



Figura 1 – Relatório Resumo para verificar *outliers*.
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os índices de capacidade são uma razão entre a dispersão da especificação e a dispersão do processo. Eles são usados para determinar se um processo é capaz de atender as especificações. Tendo as seguintes definições: Cpk – é uma medida da capacidade potencial do processo; Ppk – é uma medida da capacidade global do processo. Tanto para Cpk quanto Ppk 1,33 geralmente é considerado o valor mínimo aceitável para que um processo seja considerado estável. Logo, infere-se que o processo em questão não pode ser considerado estável uma vez que essas medidas são 0,39.

Z.Bench – Equivale ao nível de sigma encontrado, ao valor apresentado no gráfico referente ao *Z.Bench* da capacidade global é necessário acrescentar 1,5, portanto o valor exibido é igual a 1,17 somando mais 1,5 obtêm-se 2,67 de nível de sigma. Essas informações são apresentadas no relatório de capacidade de processo (Figura 2).

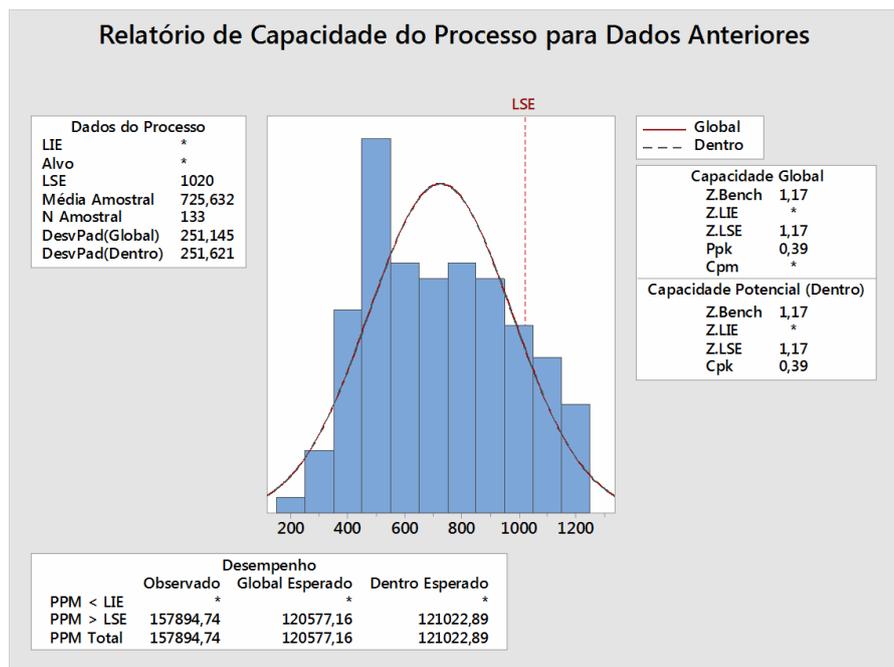



Figura 2 – Relatório de Capacidade do Processo distribuição normal.
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Os valores *Z bench* podem ser usados em vez dos índices de capacidade Cp e Pp para descrever a capacidade sigma de um processo com dados de medição, para tal a capacidade sigma é calculada supondo-se um desvio Z de 1,5σ. Para melhor visualização desse conceito apresenta-se a Tabela 1, que faz a relação entre as capacidades sigmas obtida a partir dos Z *bench* apresentados.

Tabela 1 – Relação entre os valores Z *bench* e outras medições de capacidade

Z *bench*	Capacidade Sigma	PPM de defeituosos
1	2,5	158.655
2	3,5	22.750
3	4,5	1.350
4	5,5	32
4,5	6	3,4

Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

4.2.Brainstorming

Ainda no campo de mensuração o grupo de interesse do projeto foi induzido a realizar um *brainstorming*, por propiciar a aplicação conjunta com o Diagrama de Causa e Efeito. Para tal duas perguntas principais foram apresentadas: porque há demora no pagamento dos componentes?; o que poderia ser feito para melhorar essa situação? Após os apontamentos verificou-se que nem tudo o que é detectado como um problema pode ser tratado, pois, geralmente é necessário alocar recursos (dinheiro, tempo, pessoas, máquinas, instalações, etc.). Sendo assim, a partir dos pontos colocados, os Xs potenciais, confecciona-se o diagrama de causa e efeito (Figura 3) para entender onde estão as principais causas e quais deles podem ser solucionadas.

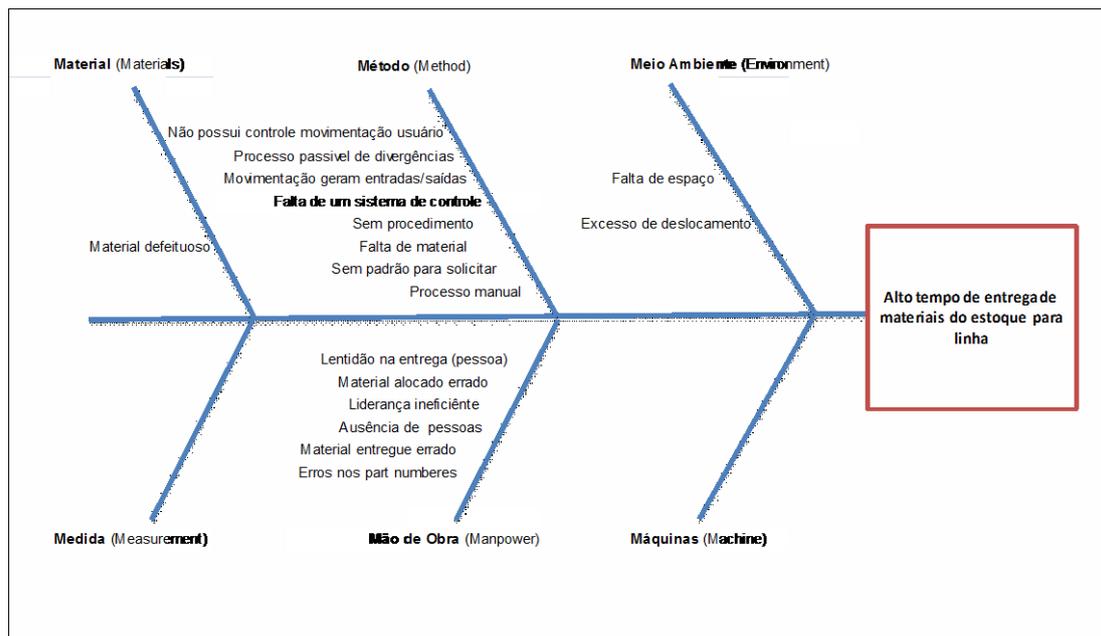



Figura 3 – Diagrama de Causa e Efeito – Ishikawa
Fonte: A autora, 2015.

A Fase Analisar (A) - na fase de mensuração são realizadas pequenas análises com o intuito de afunilar os dados disponíveis, ou seja, assim que ocorre a coleta dos dados certas considerações são apontadas e verifica-se a necessidade de "processar" os dados encontrados para um melhor aproveitamento da ferramenta ainda na fase de mensuração.

Mesmo assim, ainda são apontadas 17 Xs potenciais (Figura 3), entretanto busca-se equacionar a melhor opção para que as causas mais relevantes sejam solucionadas. Para os Xs do projeto e os mesmos são relacionados com o Y do projeto, e um sistema de pontuação é atribuído de acordo com o grau de importância de cada item, a partir dessa relação os pontos (*Score*) são somados e classificados pelo grau de relevância. A partir dos dados contidos nessa planilha, obtêm-se os resultados graficamente apresentados na Figura 4.

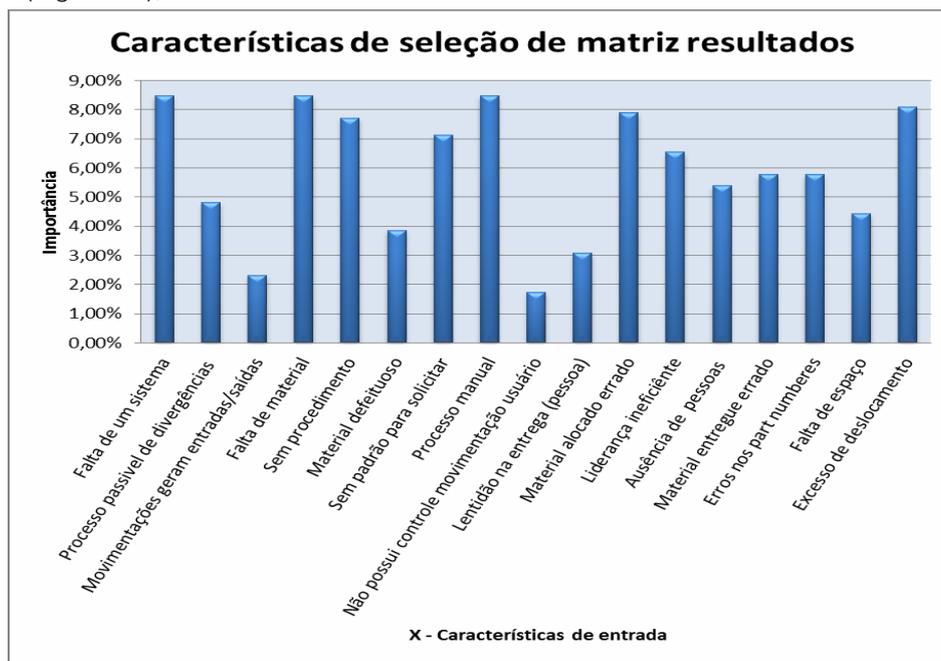



Figura 4 – Matriz de Resultados Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

A partir do gráfico da Matriz de resultados (Figura 4) é possível perceber que apenas quatro características de entrada (Xs do projeto) tem grau de importância maior que 8%, sendo eles: falta de um sistema, falta de material, processo manual e excesso de deslocamento. Logo, esses Xs são os que têm maiores probabilidades de terem suas causas investigadas com mais afinco.

No caso dessa análise têm-se as seguintes ponderações: a falta de um sistema corresponde a um sistema de controle informatizado, que engloba três outros itens, o processo ser manual, sem padrão para solicitação de material e a falta de procedimento, podendo então ser caracterizado como um único X. Os tens menores que 4% como movimentação geram entradas e saídas. O material defeituoso, não possui controle de movimentação e a lentidão na entrega são itens que não tem grande relevância. Analisando-os percebe-se que as movimentações que geram entradas e saídas, assim como o fato de não possuir controle de movimentação podem estar diretamente relacionados com a falta de um sistema de controle, logo, são outros itens que podem ser suprimidos devido ao baixo grau de relevância e ao fato de já estarem ligados a outro item tido como relevante.

Essas observações implicam que, fazendo uma análise dos itens mais importantes indiretamente pode-se equacionar outros itens, pois os mesmos estão relacionados. Observa- se que os itens mais relevantes são: falta de um sistema, de material e excesso de deslocamento.

A fase Melhorar (I) - para sanar a falta de um sistema a princípio foi criado um programa no Microsoft Access, cuja principal função consistia em informatizar o processo de requisição de componentes, entretanto esse sistema não foi capaz de atender as necessidades do processo, que almejava um programa mais robusto, logo, o sistema mais indicado foi do tipo ERP da empresa SAP.

Após a implementação do SAP foram observadas as seguintes melhorias: verificação da quantidade de materiais em estoque; impossibilidade de requisitarem o mesmo componente simultaneamente; impedimento de requisitar componentes que não estão no estoque; o operador do estoque não tem mais a necessidade de verificar a existência ou não de pedidos, pois quem faz os pedidos já os envia diretamente na impressora do estoque, criando assim um sistema de alerta que indica quando há requisições; o próprio sistema verifica quais materiais estão mais próximos entre si e os coloca em ordem de proximidade.

A melhoria da falta de material se deu devido à implementação do novo sistema, pois assim é possível controlar quando os componentes estão próximos do fim e solicitar a compra externa de novos materiais. Estimativas dos componentes mais utilizados, compras antecipadas, componentes que não são usados com tanta frequência, o que diminuiu o deslocamento do operador e isentou de ter que buscar as requisições nas linhas produtivas.

A Fase de verificação da melhoria - após as melhorias implantadas novos dados foram coletados com o intuito de verificar a situação do processo após as mudanças. Fazendo analogia com a fase de mensuração é confeccionado o relatório resumo para os dados após a implementação da melhoria (Figura 5).

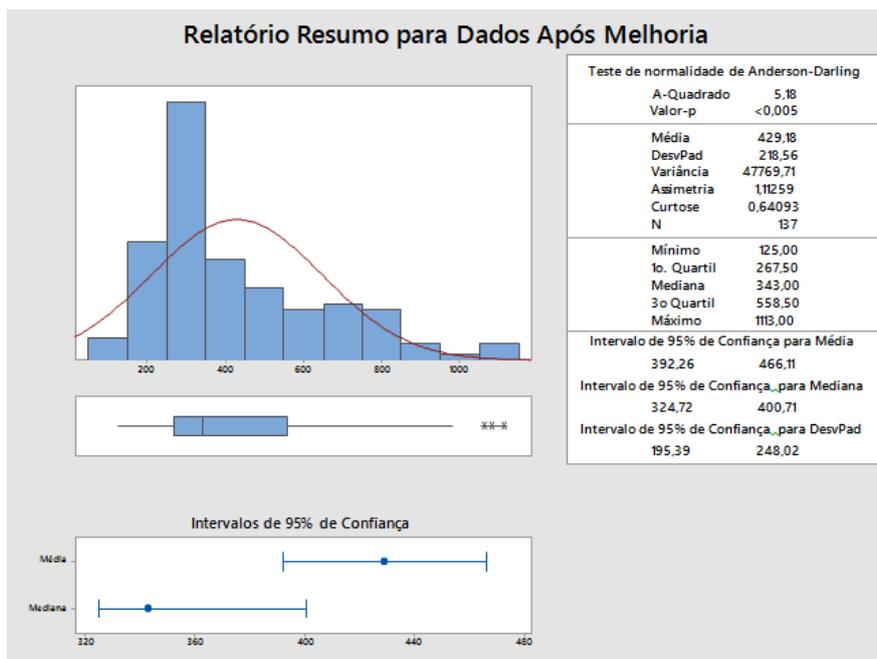



Figura 5 – Relatório após melhoria, em segundos.
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Após a melhoria foi possível perceber a presença de *outliers*, que nesse caso, são os pontos que estão entre 1109 e 1232 segundos, sendo assim como esses pontos são caracterizados como atípicos foram descartados. O número de amostras (N) passa a ser 134 com esses dados confecciona-se o relatório da capacidade do processo (Figura 6).

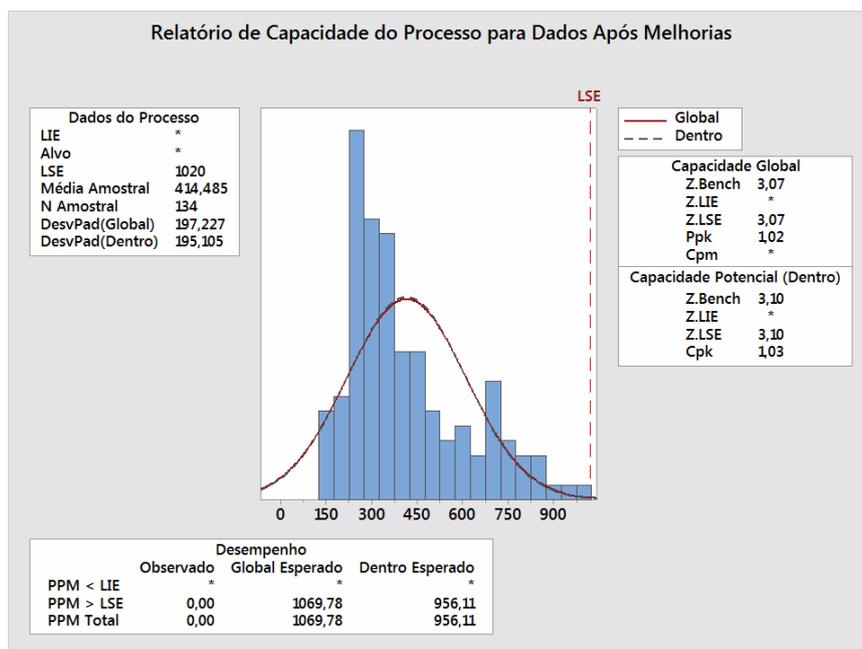



Figura 6 – Relatório de Capacidade do Processo após melhoria.
Fonte: Dados da pesquisa, 2015.

Ao analisar o relatório percebe-se que o objetivo da melhoria foi atingido, pois os dados coletados se encontram dentro do limite superior da especificação (LSE), que é de 1020 segundos, logo o tempo de atendimento de entrega de componentes do estoque foi reduzido.

Seguindo o princípio apresentado para o calculo da capacidade sigma tem-se o valor de *Z.Bench* da capacidade global igual a 3,07 mais 1,5; logo o valor da capacidade sigma é igual a 4,57; com essa informação nota-se que o valor da capacidade sigma também aumentou. Entretanto, como os valores mínimos aceitáveis para Cpk e Ppk são 1,33 para um processo ser considerado estável, e os valores apresentados para Cpk é igual a 1,03 e o de Ppk é igual a 1,02, o processo ainda é considerado instável.

Sendo assim, além das melhorias na implantação do novo sistema também eliminou ou melhorou outras causas como falta de procedimento, de padrão para solicitação, uma vez que o sistema compeli a quem o opera a seguir uma sequência lógica; falta de espaço, uma vez que conhecendo-se quais os componentes mais utilizados e quais os menos utilizados é possível determinar a quantidade mais adequada de componentes a serem comprados e lentidão na entrega, uma vez que o processo foi otimizado.

A Fase Controlar (C) - com a implementação do sistema ERP foi possível fazer certos controles no processo que não existiam, sendo eles: o controle do estoque maior controle de materiais, controle referente à quantidade de requisições realizadas e identificação dos requisitos. Assim, é possível ainda realizar uma análise de quais são os componentes/peças mais solicitadas e a quais produtos essas peças estão relacionadas.

Conclusão

Por ser considerada uma estratégia gerencial, o Seis Sigma tem por objetivo acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços, que atua na redução da variação do resultado entregue aos clientes, e aumenta significativamente o resultado da empresa. Para que essas ponderações pudessem ser observadas esta pesquisa demonstra como se dá a utilização da metodologia através do programa DMAIC, desde sua implementação até o desdobramentos dos resultados do projeto, que ocorreu de maneira satisfatória.

Conforme observado nesta aplicação da metodologia nesta empresa, pôde-se traçar um paralelo com os objetivos de desempenho apontados por Slack, Chambers e Johnston (2009), sendo eles, qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custo.

Quanto ao objetivo da qualidade pode-se fazer um apanhado dos seguintes pontos: minimização de erros ocorrido no processo devido principalmente ao processo anteriormente ser feito de forma manual. Observou-se adicionalmente que o cumprimento das ordens de produção aumenta a confiabilidade do cliente que tem a ciência de receber seus produtos no tempo solicitado, e dentro dos parâmetros aceitáveis.

Quanto ao custo, observou-se que os objetivos afetaram diretamente nos custos produtivos com a redução de custos por meio da eficácia dos processos internos, que melhorou significativamente, conforme apresentado na comparação com o tempo de atendimento antes da implantação das melhorias o tempo de entrega das peças/componentes nem ao menos estava dentro do limite de especificação de 1020 segundos definido pela empresa. E a confiabilidade também pode ser observada quando eliminou ou melhorou outras causas como falta de procedimento e de padrão para solicitação

Como dificuldades para a utilização desse tipo de abordagem apontam-se: a necessidade do conhecimento do método, motivo pelo qual é relevante que os membros participantes tenham e/ou almejem algum dos tipos de classificação *belt*, devido à necessidade de conhecimentos específicos assim como o carecimento do auxilio de *Black Belts* e *Masters Black Belts* para a abordagem coerente da metodologia.

Referências

[1] ALADWANI, A.M. Change management strategies for successful ERP implementation, Business Process Management Journal, Vol. 7 No. 3, pp. 266-75, 2001.

[2] AMOAKO-GYAMPAH, K., SALAM, A.F. An extension of the technology acceptance model in an ERP implementation environment, Information & Management, Vol. 41 No. 6, pp. 731-45, 2004.

[3] ANTONY, J., BANUELAS, R.. Key ingredients for the effective implementation of

Six Sigma program, Measuring Business Excellence, Vol. 6 No. 4, pp. 20-27, 2002.

[4] BRUNI, Adriano Leal. PASW aplicado à pesquisa acadêmica, 2ª edição. Atlas, 2011.

[5] CAMPOS, Marco Siqueira. Minitab, Disponível em:

[6] <http://www.siqueiracampos.com/parce.asp>. Acesso em: 29 de agosto de 2015.

[7] CARPINETTI, Luiz Cesar Ribeiro. Gestão da qualidade: conceitos e técnicas, 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2012.

[8] CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco (coordenadores) et al. Gestão da Qualidade: Teorias e Casos, 2ª edição. Rio de Janeiro. Elsevier: ABEPRO,2012.

[9] CIGAM, Software de gestão. ERP - Enterprise Resource Planning - Sistema integrado de gestão empresarial. Disponível em: < http://www.cigam.com.br/erp-cigam>. Acesso em: 15 de outubro de 2015.

[10] COSTA, Ivani et al.. Qualidade em tecnologia da informação: conceitos de qualidade nos processos, produtos, normas, modelos e testes de software no apoio às estratégias empresariais, São Paulo. Atlas, 2013.

[11] ECKES, George. A revolução do Seis Sigma: o método que levou a GE e outras empresas a transformar processos em lucro, 7ª edição. Rio de Janeiro. Elsevier, 2001.

[12] FILHO, Milton Cordeiro Farias , FILHO Emílio J . M. Arruda. Planejamento da pesquisa científica, São Paulo. Atlas, 2013.

[13] FRANCO JR, Carlos F.. E-business na Infoera - O Impacto da Infoera na Adminsitração de Empresas, 4ª edição. São Paulo. Atlas, 2006.

[14] GIJO, E.V., Sarkar, A.. Application of Six Sigma to improve the quality of the road for wind turbine installation. The TQM Journal, Volume: 25 Issue: 3, 2013.

[15] HARRY, M.J. and Schroeder, R.. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionalizing the World's Top Corporations. Doubleday, New York, NY. 2000.

[16] HEAVEY, C., Murphy, E.. Integrating the Balanced Scorecard with Six Sigma. The TQM Journal, Volume: 24 Issue: 2, 2012

[17] ISHIKAWA, K. Guide to Quality Control. Asian Productivity Organization, Tokyo, 1982. KREYSZIG, Erwin. Matemática Superior para Engenharia, Vol. 3, 9ª edição. LTC, 2008.

[18] MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. Teoria geral da administração - Edição compacta, 2ª edição. São Paulo. Atlas, 2012.

[19] OLIVEIRA, Djalma de Pinho Rebouças de. Sistemas de informações gerenciais: estratégicas, táticas, operacionais, 15ª edição. São Paulo. Atlas, 2012.

[20] RAY, S., Das, P.. Six Sigma project selection methodology. International Journal of Lean Six Sigma, Volume: 1 Issue: 4, 2010

[21] REOSEKAR, Ravi S., Pohekar, S. D.. Six Sigma methodology: a structured review. International Journal of Lean Six Sigma, Volume: 5 Issue: 4, 2014.

[22] ROTONDARO, Roberto Giliori (coordenador). Seis Sigma: Estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços, 1ª edição – 11ª.reimpr. São Paulo. Atlas, 2014.

[23] SAP. SAP.Disponível em: <http://www.sap.com/brazil/index.html> Acesso em: 03 de novembro de 2015.

[24] SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção, 3ª edição. São Paulo. Atlas, 2009.

[25] TOLEDO, José Carlos, BORRÁS, Miguel Ángel Aires, MERGULHÃO, Ricardo Coser e MENDES, Glauco Henrique. Qualidade - Gestão e Métodos, LTC, 2012.

[26] TUBINO, Dalvio Ferrari. Planejamento e Controle da Produção: Teoria e Prática, 2ª edição. Atlas, 2009.

[27] WERKEMA, Cristina. Perguntas e resposta sobre o Lean Seis Sigma, 2ª edição. Rio de Janeiro. Elsevier, 2011.

CAPÍTULO 16

O USO DA FERRAMENTA FMEA EM UM PROJETO SEIS SIGMA: FATORES DE DECISÃO

Cristiano Roos
Leandro Cantorski da Rosa
Edson Pacheco Paladini

Resumo*:* As pesquisas que abordam a utilização da ferramenta FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) em projetos Seis Sigma vêm se destacando na literatura qualificada. Este trabalho aborda um estudo nesta linha, em específico, o objetivo é desenvoolver e implementar um projeto Seis Sigmapara a solução de um problema prático em uma siderúrgica. Contudo, a contribuição teórica deste trabalho é a enumeração de fatores que levam a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA em um projeto Seis Sigma, já que a literatura consultada não apresenta fatores ou justificativas para tal decisão. Como procedimento técnico metodológico utilizou-se a pesquisa-ação. Como resultado tem-se a implementação completa de um projeto Seis Sigma, sendo que a ferramenta FMEA se destacou como o principal meio para a identificação das causas raiz do problema prático específico. De fato, a contribuição teórica foi a enumeração de cinco fatores e respectivas justificativas que levam a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA em um projeto Seis Sigma. Como consideração final tem-se que a ferramenta FMEA pode ser uma boa alternativa a ser considerada em futuros projetos Seis Sigma, sempre que as características do caso permitirem.

Palavras Chave*:* Ferramenta FMEA, Seis Sigma, fatores de decisão

1. Introdução

As pesquisas que abordam a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) como uma alternativa de suporte à solução de problemas em projetos Seis Sigma vêm se destacando na literatura qualificada. O objetivo deste trabalho foi desenvolver e implementar um projeto Seis Sigma para a solução de um problema prático específico em um processo de produção de uma siderúrgica. No entanto, a contribuição teórica deste trabalho está na enumeração de fatores que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA na implementação do projeto Seis Sigma em questão.

A importância do trabalho deve-se ao fato de que a literatura consultada não apresenta os fatores ou as justificativas que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA em projetos Seis Sigma. Também pode ser útil para aqueles profissionais de Engenharia de Produção que periodicamente envolvem-se com projetos Seis Sigma, podendo utilizar este caso prático como um caso de sucesso.

2. Suporte teórico

Os projetos Seis Sigma são o principal meio de operacionalização da estratégia Seis Sigma (PADHY e SAHU, 2011; PARAST, 2011). A estratégia Seis Sigma é bem conhecida, no entanto, leitores que buscam definições teóricas podem consultar Henderson (2011); Nair, Malhotra e Ahire (2011); Firka (2010); Kumar et al. (2010); Kumar, Antony e Cho (2009).

A ferramenta FMEA é reconhecida como um dos métodos mais eficazes para identificar e eliminar problemas de confiabilidade crítica, sendo muito flexível e implementável em diferentes áreas do conhecimento (JIN, JANAMANCHI e FENG, 2011). Por exemplo, montadoras de automóveis utilizam a ferramenta FMEA por ser um requisito da norma ISO/TS 16949 (*World Automotive Standard*), norma esta, que define requisitos de qualidade para os fornecedores e que equivale ao sistema de qualidade QS-9000 (ESTORILIO e POSSO, 2010). A ferramenta FMEA é bem conhecida, no entanto, definições teóricas adicionais estão em Yang et al. (2011); Liu et al. (2011); Zhang e Chu (2011); Murphy, Heaney e Perera (2011); Sharma, Kumari e Kumar (2011).

Desde os primeiros trabalhos científicos sobre projetos Seis Sigma argumentava-se que a ferramenta FMEA poderia ser utilizada para dar suporte à solução de problemas nos projetos, ver, por exemplo, Pande, Neuman e Cavanagh (2000). No entanto, faz poucos anos desde que surgiram os primeiros trabalhos empíricos na literatura qualificada abordando este tema com mais detalhes, por exemplo: Nooramin, Ahouei e Sayareh (2011); Atmaca e Girenes (2011).

Em uma *survey* não tão recente conduzida por Antony e Bañuelas (2002), foram identificadas as dez ferramentas e técnicas mais utilizadas em projetos Seis Sigma em indústrias do Reino Unido, entre elas, a ferramenta FMEA. Estes resultados foram comparados aos resultados de uma *survey* conduzida por Miguel e Andrietta (2010) em organizações brasileiras, tendo sido verificado que a ferramenta FMEA não está entre as mais utilizadas.

Contudo, a literatura qualificada sugere a utilização da ferramenta FMEA em diferentes fases de um projeto Seis Sigma. Por exemplo, Karthi, Devadasan e Murugesh (2011) mencionam a ferramenta FMEA como um dos meios para auxiliar no desenvolvimento da fase analisar e da fase melhorar do método DMAIC no Seis Sigma. Sobre o método DMAIC, cabe consultar Pyzdek e Keller (2010). Salah, Rahim e Carretero (2010) mencionam a ferramenta FMEA como um dos meios para auxiliar no desenvolvimento da fase medir e da fase controlar do método DMAIC. Kumar et al. (2008) mencionam a ferramenta FMEA como um dos meios para auxiliar na seleção de projetos Seis Sigma.

De fato, a ferramenta FMEA pode ser considerada como uma alternativa para dar suporte à solução de problemas sempre que o caso permitir. No entanto, surge um questionamento importante: quais fatores levam a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA na implementação de um projeto Seis Sigma? A resposta a esta questão será a contribuição teórica deste trabalho. Exposto isto, na próxima seção deste texto serão apresentados os procedimentos metodológicos do trabalho de pesquisa desenvolvido.

3. Procedimentos metodológicos

Este trabalho é classificado: (1) quanto à natureza: aplicado; (2) quanto aos objetivos: pesquisa exploratória; (3) quanto aos procedimentos técnicos: pesquisa-ação; (4) quanto à abordagem de pesquisa: qualitativa; (5) quanto ao método de pesquisa: indutivo. Para o planejamento e a condução da pesquisa-ação foram seguidas as orientações de: Mcniff e Whitehead (2011); Coghlan e Brannick (2010).

Para a pesquisa-ação tem-se: (1) o agente: um doutorando de um grupo de pesquisa brasileiro e três engenheiros de uma siderúrgica onde o trabalho foi desenvolvido; (2) o objeto: a ação foi aplicada sobre um processo de produção de uma siderúrgica; (3) o evento: foram conduzidos três ciclos de coleta e análise de dados; (4) o objetivo da pesquisa-ação: eliminar atrasos na entrega de produtos ao departamento de logística da siderúrgica; (5) o campo: em uma unidade siderúrgica de uma organização privada entre os dez maiores grupos siderúrgicos do mundo.

A implementação do projeto Seis Sigma foi iniciada e os ciclos de coleta e análise dos dados foram sendo conduzidos. As causas-raiz do problema foram identificadas após a implementação da ferramenta FMEA na fase de análise do problema. Soluções foram propostas e testadas em modo piloto, obtendo-se resultados positivos. As soluções foram implementadas por definitivo, sendo o novo desempenho medido e controlado. Foram utilizadas três fontes de evidências: análises documentais, observações e entrevistas. Os resultados foram analisados e registrados em um relatório de pesquisa, respondendo a questão inicialmente proposta.

4. Suporte prático

A necessidade de desenvolvimento de um projeto Seis Sigma se deu em função de um problema prático: atrasos na entrega dos produtos finais para seis clientes de uma siderúrgica. Neste contexto, para buscar uma solução para o problema prático apresentado, delineou-se um projeto Seis Sigma, tendo sido utilizado o método DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve and Control*), com definições em: Antony et al. (2012); Kumar e Sosnoski (2009); Pande, Neuman e Cavanagh (2000).

4.1. Fase definir

Nesta fase os principais pontos trabalhados foram:

- Formalização do projeto Seis Sigma.
- Formalização do grupo para atuar no projeto Seis Sigma.
- Identificação da localização do problema prático: o grupo verificou que o problema estava, muito provavelmente, relacionado ao processo de produção denominado transformação mecânica, sendo isto verificado a partir de dados quantitativos de todos os processos envolvidos com o problema prático.
- Identificação dos efeitos do problema prático: o grupo listou os principais efeitos que o problema prático gerou, tanto do ponto de vista interno (organização), como externo (clientes). Internamente os principais efeitos listados foram: (1) Perdas monetárias com indenizações aos clientes; (2) Perdas monetárias com logística expressa (logística aérea); (3) Perdas monetárias com a rescisão de um dos contratos de fornecimento a um dos clientes. Externamente: (1) Insatisfação dos clientes em função dos atrasos na entrega dos produtos finais; (2) Interrupção no processo de produção de dois dos clientes.
- Levantamento do retorno financeiro previsto.
- Levantamento do investimento financeiro previsto.
- Definição da métrica do projeto Seis Sigma: o grupo identificou como métrica principal o atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística (em porcentagem). Esta métrica foi selecionada porque já existia no processo de produção, bem como por estar diretamente relacionada com o problema prático.

4.2. Fase medir

Aqui o grupo coletou dados qualitativos e quantitativos do processo de transformação mecânica – mapeamentos de processo, tempos de processamento, relatórios de balanceamento de linha, mapeamentos de fluxo de valor, históricos estatísticos do processo, procedimentos de controle do processo, relatórios de programação da produção e, principalmente, dados relacionados à métrica principal considerada neste projeto Seis Sigma.

O desempenho atual da métrica principal considerada neste projeto Seis Sigma está apresentado na Tabela 1. Nesta tabela estão relacionados dados dos seis clientes para os quais houve atrasos na entrega dos produtos finais. Com a medição do desempenho atual da métrica foi possível confirmar a presença do problema prático. Isto foi realizado basicamente a partir de uma análise de estatística descritiva, conforme a Tabela 1.

Quanto aos dados relacionados aos seis clientes, na Tabela 1, cabe ressaltar: (1) conforme as informações ''1'', ''2'' e ''3'' o número de lotes enviados ao departamento de logística, seguindo os pedidos de cada cliente; (2) conforme a informação ''4'' o prazo máximo de entrega para o departamento de logística estabelecido em contrato, para que seja possível para o departamento de logística não atrasar a entrega dos produtos finais para o respectivo cliente; (3) conforme a informação ''11'' o número de lotes entregues acima do prazo máximo, isto é, número de lotes não conformes; (4) conforme a informação ''12'' a porcentagem abaixo do limite máximo, isto é, lotes entregues dentro do prazo; (5) conforme as informações "6'', ''9'' e ''10''a indicação de alta variação no processo.

Tabela 1 – Dados relacionados aos seis clientes considerando a métrica principal do projeto

Informação	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6
1. Número de dados (número de lotes)	3862	2654	2538	2191	2053	1522
2. Data do primeiro dado	18/05/2010	18/05/2010	18/05/2010	18/05/2010	18/05/2010	18/05/2010
3. Data do último dado	17/06/2010	17/06/2010	17/06/2010	17/06/2010	17/06/2010	17/06/2010
4. Prazo máximo de entrega (contrato)	13 horas	09 horas	21 horas	12 horas	18 horas	15 horas
5. Prazo médio de entrega (realizado)	12,77 horas	8,90 horas	19,77 horas	11,80 horas	15,76 horas	14,49 horas
6. Desvio Padrão	0,6547	0,4689	1,1717	1,0627	1,7727	1,7452
7. Curtose	-0,0328	0,0527	-0,0587	-0,1504	0,0957	0,1068
8. Assimetria	0,0229	-0,0179	0,0162	0, 0373	0,0861	0,0305
9. Valor máximo	15,13 horas	10,50 horas	23,41 horas	15,50 horas	22,79 horas	20,92 horas
10. Valor mínimo	10,46 horas	7,31 horas	15,71 horas	7,96 horas	9,54 horas	9,08 horas
11. Lotes acima do prazo máximo	1415	1100	365	935	223	581
12. % de atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística	63,36%	58,55%	85,62%	57,33%	89,82%	61,83%

Fonte: Dados do estudo

A partir disto, foi possível definir o desempenho futuro esperado da métrica, ou seja, aumentar para 100% o atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística.

A análise dos dados levou a uma constatação adicional: a definição do problema prático estava muito geral, evidenciando a necessidade de uma análise detalhada do problema. O grupo conduziu então, uma análise de cada subprocesso do processo de transformação mecânica, buscando validar o problema prático de modo mais específico. Alguns dados e pré-análises estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3. Cabe ressaltar que foram apresentados aqui, apenas os dados mais relevantes e que evidenciam o problema prático. Outras análises, como por exemplo, análises do *Process Time* (PT), não indicaram problemas nos subprocessos.

Tabela 2 – Dados relacionados aos subprocessos (1 a 5) do processo (*Lead Time*)

Informação	Subprocesso 1	Subprocesso 2	Subprocesso 3	Subprocesso 4	Subprocesso 5
1. Número de dados (número de lotes)	1000	1000	1000	1000	1000
2. Data do primeiro dado	29/07/2010	29/07/2010	29/07/2010	29/07/2010	29/07/2010
3. Data do último dado	23/08/2010	23/08/2010	23/08/2010	23/08/2010	23/08/2010
4. Padrão *Lead Time* (LT)	8,5 minutos	30 minutos	2,1 minutos	7,8 minutos	1,65 horas
5. *Lead Time* médio	8,43 min.	29,44 min.	1,92 min.	7,62 min.	1,59 horas
6. Desvio Padrão	0,1929	0,4736	0,2312	0,2952	0,0454
7. Curtose	0,1174	0,2028	-0,1952	-0,0817	-0,3734
8. Assimetria	-0,0365	-0,1444	0,0534	-0,0184	0,0668
9. Valor máximo	9,03 min.	31,21 min.	2,68 min.	8,58 min.	1,73 horas
10. Valor mínimo	7,81 min.	27,61 min.	1,26 min.	6,61 min.	1,46 horas
11. Lotes acima do padrão LT	353	103	216	288	105
12. % de atendimento do padrão	64,70%	89,70%	78,40%	71,20%	89,50%

Fonte: Dados da pesquisa

Tabela 3 – Dados relacionados aos subprocessos (6 a 9) do processo (*Lead Time*)

Informação	Subprocesso 6	Subprocesso 7	Subprocesso 8	Subprocesso 9
1. Número de dados (número de lotes)	1000	1000	1000	1000
2. Data do primeiro dado	29/07/2010	29/07/2010	29/07/2010	29/07/2010
3. Data do último dado	23/08/2010	23/08/2010	23/08/2010	23/08/2010
4. Padrão *Lead Time* (LT)	6 minutos	1,3 horas	9,8 minutos	38 minutos
5. *Lead Time* médio	5,87 min.	1,24 horas	9,64 min.	37,67 min.
6. Desvio Padrão	0,1709	0,0902	0,0636	0,2208
7. Curtose	0,1854	0,8411	-0,1626	0,0612
8. Assimetria	-0,1841	0,0704	0,0634	0, 1525
9. Valor máximo	6,41 min.	1,73 horas	9,83 min.	38,47 min.
10. Valor mínimo	5,29 min.	0,93 horas	9,46 min.	36,92 min.
11. Lotes acima do padrão LT	234	242	7	68
12. % de atendimento do padrão	76,60%	75,80%	99,30%	93,20%

Fonte: Dados do estudo

A análise destes dados possibilitou evidenciar um pouco melhor onde o problema prático estava inserido, ou seja, verificou-se que existe uma elevada variação nos subprocessos. Assim, validou-se o problema prático como sendo a elevada variação dos tempos de atravessamento (*Lead Time*) dos subprocessos. Na próxima fase será apresentada a análise do problema prático, buscando identificar as causas raízes do problema.

4.3. Fase analisar

Inicialmente, nesta fase, o grupo desenvolveu hipóteses, depois buscou identificar as causas-raiz do problema e por fim validou as hipóteses. As hipóteses qualitativas desenvolvidas para o problema em prático foram: (1) falha na programação e controle da produção (PCP); (2) falha no fornecimento de materiais; (3) falha no desempenho das máquinas; (4) falha na atuação humana; (5) falha no balanceamento de linha; (6) falha na sincronização dos subprocessos; (7) falha no sistema de medição.

Para investigar estas hipóteses o grupo procedeu com a implementação da ferramenta FMEA para a análise do problema,

seguindo para isto, o método apresentado em Stamatis (2003). Os fatores e as justificativas que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA neste projeto Seis Sigma serão apresentados e discutidos na quinta seção deste texto.

A ferramenta FMEA foi utilizada na análise dos atrasos nos prazos de entrega dos produtos ao departamento de logística, onde se considerou cada hipótese qualitativa como um modo de falha. Com isso o grupo compôs sete formulários FMEA, um formulário para cada hipótese qualitativa. Estes formulários foram desenvolvidos principalmente a partir de dados quantitativos disponíveis para o processo (um dos formulários FMEA desenvolvidos é apresentado no Anexo A).

Duas hipóteses mereceram destaque: a) falha no fornecimento de materiais; b) falha na sincronização dos subprocessos. O grupo considerou estes dois modos de falha que se destacaram como sendo as causas raiz do problema prático. Os valores de *Risk Priority Number* (RPN) destes modos de falha chegaram a 270 e 378. Se o valor do RPN em um formulário FMEA em um projeto Seis Sigma for superior a 60, ações corretivas devem ser conduzidas (RAISINGHANI et al., 2005).

Um fato surpreendente é que estas causas aparentemente não eram consideradas como críticas para as pessoas envolvidas com o processo de transformação mecânica. Isto porque os atrasos no fornecimento de materiais eram muito irrelevantes sob a ótica das pessoas. Tratava-se de atrasos de segundos, mas que aparentemente estavam causando problemas de variação excessiva nos subprocessos.

Importante ressaltar que os indicadores de desempenho mostravam que os tempos de processamento (*Process Time*) estavam dentro dos padrões toleráveis. Contudo, os indicadores mostravam que os tempos de atravessamento (*Lead Time*) estavam fora dos padrões toleráveis. O fato é que certas categorias de produtos intermediários eram produzidas e ficavam na fila aguardando outras categorias de produtos. Eram questões de segundos, mas que causavam a variação no tempo de processamento dos produtos finais. Em outras palavras: não havia sincronização dos subprocessos por falta de certos produtos intermediários.

Com isto, o grupo identificou como causas-raiz do problema "atrasos nos prazos de entrega ao departamento de logística": (causa 1) Falha no fornecimento de materiais; (causa 2) Falha na sincronização dos subprocessos. Assim as hipóteses 2 e 6 foram consideradas como procedentes.

4.4. Fase melhorar

Nesta fase o grupo desenvolveu ideias para remover as causas-raiz do problema, testou soluções, padronizou soluções, e mediu o novo desempenho. As principais ideias desenvolvidas para remover as causas-raiz do problema foram: (a) implementar a produção puxada; (b) criar estoques do tipo supermercado.

Implementar a produção puxada: o grupo definiu as rotinas de funcionamento do sistema puxado a partir de análises das demandas. Foram também definidos quais itens seriam produzidos *make-to-stock* e quais seriam produzidos *make-to-order*. Depois foram projetados e adquiridos os cartões e quadros Kanban.

Criar estoques do tipo supermercado: o grupo dimensionou os estoques do tipo supermercado e criou um plano de fornecimento para cada categoria de produto intermediário.

Para os testes com os lotes pilotos, o grupo preparou o processo de produção com as rotinas de trabalho e com as adequações necessárias. Os operadores foram treinados e os testes práticos foram conduzidos. Nos testes realizados com lotes pilotos, o desempenho da métrica principal considerada neste projeto Seis Sigma foi de 100%. Após os testes, o grupo obteve a aprovação junto à direção para implementar por definitivo as ideias de melhoria.

A partir disto, o grupo procedeu com uma série de ajustes para a implementação definitiva das melhorias. Os principais ajustes necessários foram: (1) alterações no software de PCP; (2) alterações nas rotinas de trabalho do departamento de PCP; (3) alterações nas rotinas de trabalho de *setup*; (4) alterações no arranjo físico do processo de produção; (5) alterações nas rotinas de trabalho dos operadores do processo; (6) adequações nos quadros e cartões Kanban; (7) adequações nos estoques de itens intermediários; (8) adequações nos estoques do tipo supermercado. Após os ajustes as melhorias foram implementadas.

O grupo controlou por quatro meses o desempenho do processo de transformação mecânica, verificando-se que as ideias implementadas removeram as causas-raiz do problema prático. As novas medições mostraram que o atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística subiu para 99,14% (média dos quatro meses para os seis clientes). Alguns dados que comprovam este desempenho estão apresentados nas Tabelas 4 e 5 onde estão relacionados resumidamente os resultados das análises conduzidas nos subprocessos, especificamente, novas análises do *Lead Time* (LT).

Tabela 4 – Dados relacionados aos subprocessos (1 a 5) do processo (*Lead Time*)

Informação	Subprocesso 1	Subprocesso 2	Subprocesso 3	Subprocesso 4	Subprocesso 5
1. Número de dados (número de lotes)	1000	1000	1000	1000	1000
2. Data do primeiro dado	18/11/2010	18/11/2010	18/11/2010	18/11/2010	18/11/2010
3. Data do último dado	12/12/2010	12/12/2010	12/12/2010	12/12/2010	12/12/2010
4. Padrão *Lead Time* (LT)	8,5 minutos	30 minutos	2,1 minutos	7,8 minutos	1,65 horas
5. *Lead Time* médio	8,31 min.	29,33 min.	1,82 min.	7,24 min.	1,51 horas
6. Desvio Padrão	0,1050	0,2550	0,2001	0,1913	0,0395
7. Curtose	0,0378	0,1517	-0,1512	-0,0435	0,3487
8. Assimetria	-0,1655	0,0980	0,0066	-0, 1309	0,0775
9. Valor máximo	8,64 min.	30,29 min.	2,52 min.	7,81 min.	1,71 horas
10. Valor mínimo	7,96 min.	28,57 min.	1,21 min.	6,61 min.	1,40 horas
11. Lotes acima do padrão LT	30	5	79	3	1
12. % de atendimento do padrão	97,00%	99,50%	92,10%	99,70%	99,90%

Fonte: Dados do estudo

Tabela 5 – Dados relacionados aos subprocessos (6 a 9) do processo (*Lead Time*)

Informação	Subprocesso 6	Subprocesso 7	Subprocesso 8	Subprocesso 9
1. Número de dados (número de lotes)	1000	1000	1000	1000
2. Data do primeiro dado	18/11/2010	18/11/2010	18/11/2010	18/11/2010
3. Data do último dado	12/12/2010	12/12/2010	12/12/2010	12/12/2010
4. Padrão *Lead Time* (LT)	6 minutos	1,3 horas	9,8 minutos	38 minutos
5. *Lead Time* médio	5,63 min.	1,12 horas	9,63 min.	37,62 min.
6. Desvio Padrão	0,1210	0,0721	0,0593	0,2086
7. Curtose	0,0536	0,2792	-0,0570	0,2403
8. Assimetria	0,0099	0,1801	0,1389	0,1 628
9. Valor máximo	6,06 min.	1,39 horas	9,81 min.	38,38 min.
10. Valor mínimo	5,26 min.	0,89 horas	9,46 min.	37,03 min.
11. Lotes acima do padrão LT	4	12	4	42
12. % de atendimento do padrão	99,60%	98,80%	99,60%	95,80%

Fonte: Dados do estudo

4.5. Fase controlar

Com a conclusão da implementação das melhorias no processo de transformação mecânica, o grupo procedeu com a padronização das alterações realizadas. Naturalmente, os novos padrões de produção passaram a ser controlados. Novas intervenções específicas foram necessárias para garantir o bom desempenho do processo de produção. Os indicadores de desempenho do processo confirmaram a quase total eliminação do problema prático. Os novos dados do processo de transformação mecânica relacionados aos seis clientes estão apresentados na Tabela 6.

Deste modo o projeto Seis Sigma foi concluído, sendo o objetivo do projeto parcialmente atingido, uma vez que alguns lotes ainda foram entregues com atraso para o departamento de logística. Outros resultados do projeto Seis Sigma serão apresentados na próxima seção deste texto.

5. Resultados

Os principais resultados e implicações práticas para a organização foram:

a) Atuaram no projeto um *Black Belt* e dois *Green Belts* da organização, e um doutorando de um grupo de pesquisa brasileiro, como participante externo.
b) O projeto teve duração de oito meses, sendo que alguns ajustes no cronograma de trabalho foram necessários.
c) Os efeitos do problema prático foram parcialmente eliminados, isto é: (1) não se tiveram mais perdas monetárias com indenizações aos clientes; (2) não se tiveram mais perdas monetárias com logística expressa (logística aérea); (3) não se tiveram mais perdas monetárias com rescisões de contratos de fornecimento, em especial, o cliente que havia rescindido um contrato, retomou o referido contrato de fornecimento; (4) a insatisfação dos clientes em função dos atrasos na entrega dos produtos finais foi reduzida, apenas um cliente reclamou de novos atrasos; (5) não se tiveram mais interrupções nos processos de produção dos clientes.
d) O retorno financeiro com a solução do problema prático foi de 4.260 unidades monetárias (UM$) onde: 540 UM$ são relacionadas à eliminação da logística expressa (logística aérea), 3.720 UM$ são relacionadas à retomada do contrato rescindido por um dos clientes.
e) O investimento financeiro para a execução do projeto Seis Sigma foi de 550 unidades monetárias (UM$) onde: 170 UM$ são relacionadas ao custo com pessoal e 380 UM$ são relacionadas ao custo com outras necessidades, como por exemplo, consultores terceirizados, ajustes de processos, treinamentos de operadores, compras de materiais.
f) Em relação à métrica do projeto Seis Sigma – o atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística (em porcentagem) – cabe destacar que se teve uma melhoria considerável no desempenho da métrica após a implementação definitiva das melhorias, conforme a Tabela 6 pode-se verificar que o atendimento do prazo de entrega para o departamento de logística, no período considerado, teve uma média de 91,84%.

Tabela 6 – Dados relacionados aos seis clientes considerando a métrica principal do projeto

Informação	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Cliente 5	Cliente 6
1. Número de dados (número de lotes)	946	762	781	514	282	370
2. Data do primeiro dado	18/12/2010	18/12/2010	18/12/2010	18/12/2010	18/12/2010	18/12/2010
3. Data do último dado	17/01/2011	17/01/2011	17/01/2011	17/01/2011	17/01/2011	17/01/2011
4. Prazo máximo de entrega (contrato)	13 horas	09 horas	21 horas	12 horas	18 horas	15 horas
5. Prazo médio de entrega (realizado)	12,60 horas	8,57 horas	19,65 horas	11,41 horas	15,43 horas	14,12 horas
6. Desvio Padrão	0,2832	0,3131	0,8854	0,5760	1,1642	0,6596
7. Curtose	-0,1824	9,2772	-0,1962	-0,0719	0,0603	0,0306
8. Assimetria	-0,0744	-0,8952	-0,0615	0, 0335	0,0947	-0,1068
9. Valor máximo	13,38 horas	9,65 horas	22,20 horas	13,29 horas	18,77 horas	15,94 horas
10. Valor mínimo	11,63 horas	5,66 horas	17,06 horas	9,67 horas	12,59 horas	12,09 horas
11. Lotes acima do prazo máximo	74	59	49	80	6	35
12. % de atendimento do prazo de entrega ao departamento de logística	92,18%	92,26%	93,73%	84,44%	97,87%	90,54%

Fonte: Autores

Como contribuição teórica deste trabalho serão apresentados os fatores que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA na implementação do projeto Seis Sigma, ver resumo na Tabela 7.

Tabela 7 – Fatores que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA

Fator	Descrição / Justificativa
1. Qualitativo	O grupo conduziu a análise utilizando a ferramenta FMEA porque se trata de uma análise qualitativa e viável para a natureza das hipóteses levantadas. Uma análise quantitativa exigiria mais trabalho, pois não havia a disponibilidade de dados quantitativos para testar as hipóteses estatisticamente.
2. Suporte	A decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA também foi tomada porque a ferramenta é considerada uma alternativa de suporte a solução de problemas, podendo ser utilizada como uma análise preliminar. O grupo manteve em mente que a ferramenta FMEA, sendo de suporte, poderia não identificar as causas-raiz do problema relacionado ao caso prático e, neste caso, uma análise quantitativa seria necessária.
3. Econômico	A ferramenta FMEA foi utilizada também porque era economicamente mais viável para evidenciar possíveis causas-raiz do problema. Como, para conduzir uma análise quantitativa, 46 indicadores de desempenho deveriam ser criados e implantados, a ferramenta FMEA estabeleceu-se como a opção economicamente mais viável para o caso.
4. Tempo	A decisão pela ferramenta FMEA também foi influenciada pelo tempo requerido para a análise qualitativa, ou seja, a análise quantitativa requereria um tempo maior em função da necessidade de criação e implementação de 46 indicadores de desempenho.
5. Customização	A decisão também foi influenciada pela possibilidade de customização da análise, pois os formulários FMEA serviram de guias para as pessoas no processo de investigação das possíveis causas-raiz do problema prático, auxiliando e flexibilizando a geração de ideias, justamente por tratar-se de uma análise qualitativa e fortemente dependente das pessoas envolvidas com a implementação da ferramenta FMEA.

Fonte: Autores

Estes resultados teóricos não puderam ser comparados com outros, pois a literatura consultada para este trabalho não apresenta os fatores ou as justificativas que levaram a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA em projetos Seis Sigma.

6. Considerações finais

Com os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho, em especial em relação à pesquisa-ação, buscou-se refinar a teoria, mesmo que muito limitadamente, sobre fatores que levam a decisão de utilizar-se a ferramenta FMEA na implementação de um projeto Seis Sigma. De fato, a amostra da pesquisa-ação apresentada aqui é restrita e não representativa.

Com este trabalho, concluiu-se que a ferramenta FMEA pode ser considerada uma alternativa para a análise de causas-raiz de problemas em projetos Seis Sigma. Cinco fatores e respectivas justificativas foram enumerados, indicando quando a utilização da ferramenta FMEA pode ser viável em um projeto Seis Sigma. No caso abordado, a ferramenta FMEA foi o meio mais viável identificado pela equipe Seis Sigma para a análise das causas-raiz do problema e, de fato, foi o principal meio para a identificação das causas raiz do problema.

Sobre as contribuições práticas desta pesquisa, cabe complementar que as pessoas envolvidas com este trabalho puderam compreender na prática as vantagens e desvantagens em se utilizar a ferramenta FMEA no projeto Seis Sigma. Resumidamente, ficou evidente como principais vantagens: menor tempo para obter-se algum resultado; menor investimento financeiro requerido. A principal desvantagem identificada foi a menor confiabilidade dos resultados, pois são derivados de análises qualitativas, sendo subjetivos e dependentes do conhecimento das pessoas.

De todo modo, pode-se afirmar que este trabalho cumpriu seus objetivos propostos: um projeto Seis Sigma foi implementado, do qual aprendizados teóricos e práticos puderam ser obtidos a partir da utilização da ferramenta FMEA. Concluiu-se que os procedimentos metodológicos adotados foram ideais para os objetivos propostos, cabendo destacar que as dificuldades e as limitações da pesquisa não influenciaram os resultados.

Referências

[1] ANTONY, J. et al. Application of Six Sigma DMAIC methodology in a transactional environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.29, n.1, p.31-53, 2012.

[2] ANTONY, J.; BAÑUELAS, R. Key ingredients for the effective implementation of six sigma program. *Measuring Business Excellence*, v.6, n.4, p.20-27, 2002.

[3] ATMACA, E.; GIRENES, S. S. Lean Six Sigma methodology and application. *Quality & Quantity* (aprovado), p.1-21, 2011.

[4] COGHLAN, D.; BRANNICK, T. *Doing action research in your own organization*. 3.ed. London: Sage Publications, 2010.

[5] ESTORILIO, C.; POSSO, R. K. The reduction of irregularities in the use of "process FMEA". *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.27, n.6, p.721-733, 2010.

[6] FIRKA, D. Six Sigma: an evolutionary analysis through case studies. *The TQM Journal*, v.22, n.4, p.423-434, 2010.

[7] HENDERSON, G. R. *Six Sigma quality improvement with Minitab*. 2.ed. Chichester: John Wiley & Sons Ltd, 2011. 504 p.

[8] JIN, T.; JANAMANCHI, B.; FENG, Q. Reliability deployment in distributed manufacturing chains via closed-loop Six Sigma methodology. *International Journal of Production Economics*, v.130, n.1, p.96-103, 2011.

[9] KARTHI, S.; DEVADASAN, S. R.; MURUGESH, R. Integration of Lean Six-Sigma with ISO 9001:2008 standard. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.2, n.4, p.309-331, 2011.

[10] KUMAR, M. et al. Common myths of six sigma demystified. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.25, n.8, p.878-895, 2008.

[11] KUMAR, M.; ANTONY, J.; CHO, B. R. Project selection and its impact on the successful deployment of Six Sigma. *Business Process Management Journal*, v.15, n.5, p.669-686, 2009.

[12] KUMAR, S.; SOSNOSKI, M. Reflective practice: using DMAIC Six Sigma to systematically improve shopfloor production quality and costs. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v.58, n.3, p.254-273, 2009.

[13] KUMAR, U. D. et al. *Reliability and Six Sigma*. New York: Springer, 2010. 386 p.

[14] LIU, H. C. et al. Failure mode and effects analysis using fuzzy evidential reasoning approach and grey theory. *Expert Systems with Applications*, v.38, n.4, p.4403-4415, 2011.

[15] MCNIFF, J.; WHITEHEAD, J. *All you need to know about action research*. 2.ed. London: Sage Publications, 2011.

[16] MIGUEL, P. A. C.; ANDRIETTA, J. M. Outcomes from a descriptive survey of Six Sigma management practices in Brazil. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.1, n.4, p.358-377, 2010.

[17] MURPHY, M.; HEANEY, G.; PERERA, S. A methodology for evaluating construction innovation constraints through project stakeholder competencies and FMEA. *Construction Innovation*, v.11, n.4, p.416-440, 2011.

[18] NAIR, A.; MALHOTRA, M. K.; AHIRE, S. L. Toward a theory of managing context in Six Sigma process-improvement projects: An action research investigation. *Journal of Operations Management*, v.29, n.5, p.529-548, 2011.

[19] NOORAMIN, A. S.; AHOUEI, V. R.; SAYAREH, J. A Six Sigma framework for marine container terminals. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.2, n.3, p.241-253, 2011.

[20] PADHY, R. K.; SAHU, S. A Real Option based Six Sigma project evaluation and selection model. *International Journal of Project Management*, v.29, n.8, p.1091-1102, 2011.

[21] PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. *The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance*. New York: McGraw-Hill, 2000. 422 p.

[22] PARAST, M. M. The effect of Six Sigma projects on innovation and firm performance. *International Journal of Project Management*, v.29, n.1, p.45-55, 2011.

[23] PYZDEK, T.; KELLER, P. A. *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. 3.ed. New York: McGraw-Hill, 2010. 560 p.

[24] RAISINGHANI, M. S. et al. Six Sigma: concepts, tools, and applications. *Industrial Management & Data Systems*, v.105, n.4, p.491-505, 2005.

[25] SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J. A. The integration of Six Sigma and lean management. *International Journal of Lean Six Sigma*, v.1, n.3, p.249-274, 2010.

[26] SHARMA, V.; KUMARI, M.; KUMAR, S. Reliability improvement of modern aircraft engine through failure modes and effects analysis of rotor support system. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v.28, n.6, p.675-687, 2011.

[27] STAMATIS, D. H. *Failure Mode and Effect Analysis: FMEA fron theory to execution*. 2.ed. Milwaukee, Winsconsin: ASQ Quality Press, 2003.

[28] YANG, J. et al. Risk evaluation in failure mode and effects analysis of aircraft turbine rotor blades using Dempster–Shafer evidence theory under uncertainty. *Engineering Failure Analysis*, v.18, n.8, p.2084-2092, 2011.

[29] ZHANG, Z.; CHU, X. Risk prioritization in failure mode and effects analysis under uncertainty. *Expert Systems with Applications*, v.38, n.1, p.206-214, 2011.

ANEXO A – Formulário FMEA para a falha no fornecimento de materiais

FMEA – FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS

Descrição:

Análise dos atrasos nos prazos de entrega ao departamento de logística

Departamento / membro da equipe / cargo:
Produção / Pessoa 1 / Engenheiro
Produção / Pessoa 2 / Gerente de produção
PCP / Pessoa 3 / Engenheiro
Qualidade / Pessoa 4 / Engenheiro
Projeto / Pessoa 5 / Engenheiro

Abreviações:

SEV / severidade
OCO / ocorrência
DET / detecção
RPN / Risk Priority Number

Página 2 de 7 .

Original: agosto de 2010
Modificado: setembro de 2010
Modificação nº.: 02
Número do FMEA: 00008212

Funções	Modos de falha	Efeitos	SEV	Causas	OCO	Controles	DET	RPN	Ações Recomendadas	Situação
Fornecimento de materiais	Falha no fornecimento de materiais	Atrasos nos prazos de entrega para o departamento de logística	9	Informações incorretas do departamento de PCP	1	Procedimento de confirmação da informação	1	9		
			9	Informações incompletas do departamento de PCP	1	Procedimento de confirmação da informação	1	9		
			9	Atuação humana mal sucedida	2	Não há controle formal	3	54		
			9	Programação da produção mal estabelecida	1	Procedimento de validação da programação	2	18		
			9	Controle da produção mal desempenhada	1	Procedimento de verificação mensal dos modelos de controle	1	9		
			9	Fornecimento de materiais com defeitos	1	Procedimento de inspeção por lote	2	18		
			9	Balanceamento de linha mal estabelecido	1	Procedimento de verificação mensal dos balanceamentos de linha	1	9		
			9	Desempenho das máquinas comprometido	1	Procedimento de manutenção e de controle do desempenho	2	18		
			9	Desempenho dos sistemas de medição comprometido	1	Procedimento de manutenção e de controle do desempenho	2	18		
			9	Ordens de produção incorretas	1	Procedimento de confirmação da informação	1	9		
			9	Ordens de produção incompletas	1	Procedimento de confirmação da informação	1	9		
			9	Conflito de ordens de produção	5	Não há controle formal	6	270	Finalizar o projeto Seis Sigma	Grupo Seis Sigma
			9	Sobreposição de ordens de produção	5	Não há controle formal	6	270	Finalizar o projeto Seis Sigma	Grupo Seis Sigma
			9	Logística interna mal sucedida	1	Procedimento de verificação mensal dos planos de logística	1	9		
			9	Ausência de caixas de armazenamento de produtos intermediários	2	Não há controle formal	1	18		

CAPÍTULO 17

APLICAÇÃO DO LEAN SIX SIGMA: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA XYZ

Délvio Venanzi
Orlando Roque da Silva
Diogo Luiz Faustino
Haroldo Lhou Hasegawa

Resumo*:* O Lean Six Sigma é uma abordagem na gestão das organizações que possui em sua metodologia com foco na qualidade e performance produtiva nos sistemas operacionais. Este artigo tem como objetivo apresentar os principais fundamentos envolvidos no tema por meio da complementariedade das concepções de gerenciamento supracitadas como por exemplo o DMAIC (definir, medir, analisar, melhorar e controlar) e suas respectivas fases, ferramentas de suporte, a filosofia Lean e os princípios da produção enxuta. A metodologia utilizada foi pesquisa bibliográfica e exploratória e um estudo de caso. A partir desses métodos de estudo buscou-se a teoria através de artigos relacionados e também fez-se a análise de dois estudos de caso da empresa do ramo metal mecânico, no qual pode constatar-se a relevância do assunto no desenvolvimento dessa filosofia e suas ferramentas para otimizar o tempo do ciclo de um produto. No presente artigo pode se observar o alinhamento de estratégias do Lean e do Six Sigma e seus resultados.

Palavras Chave*:* Lean Six Sigma; Qualidade; Gestão da produção

1. Introdução

A competitividade do século XXI exige das organizações cada vez mais uma maior produtividade, redução dos custos, qualidade e preços justos. Gerar valor, conquistar clientes e espaço no mercado é questão de sobrevivência. Por esse principal motivo as empresas tem se aprimorado nas áreas referentes a qualidade visando seus processos e operações. Há várias metodologias a serem utilizadas, mas uma se destaca por sua funcionalidade, complementariedade e eficácia, essa metodologia chama-se Lean Six Sigma.

O Lean Manufaturing e o Six Sigma são duas metodologias distintas com diferentes procedências. O Lean origina-se no sistema Toyota de produção na década de 80 com a foco no fluxo do processo; já o Six Sigma apesar de ser desenvolvida no mesmo período é uma filosofia nascida da Motorola que foca nas melhorias operacionais. Enquanto o primeiro visa o todo e gerencia de forma macro atentando a eliminação de desperdícios, o segundo ajusta processos através de fases do DMAIC e suas ferramentas de suporte. Apesar de enfoques diferentes alinham-se ao mesmo objetivo e suplantam um ao outro apresentando desta forma consideráveis avanços não apenas na qualidade do processos, mas também na supressão de custos e na garantia da satisfação do cliente à um preço competitivo.

O presente artigo aborda um estudo sobre essa filosofia e expõe suas concepções através de uma conceituação feita por pesquisa bibliográfica de fontes de informações extraídas de base de dados, artigos, dissertações e revistas atreladas a área de qualidade, engenharia e administração da produção. E também apresenta uma pesquisa exploratória, a qual demostra três aplicações em uma empresa XYZ, onde a partir de relações estatísticas evidencia-se os resultados obtidos através do Lean Six Sigma. O objetivo desse estudo é abordar a perpesctiva da qualidade nos fluxos produtivos e observar o quanto de vantagens através dos resultados obtidos a implementação da metodologia Lean Six Sigma proporciona vantagens.

2-Fundamentação Teórica

2.1 Six Sigma

O Six Sigma é uma metodologia desenvolvida pela Motorola na década de 80 que aborda métodos de gestão da qualidade assim como diversas ferramentas de suporte com o objetivo de otimizar a eficácia de processos e aprimorar resultados. Por meio do rastreamento e identificação de erros e suas respectivas causas concentra-se em eliminá-los. Segundo Bhargava et. Al. (2010), traz importante avanço ao sistema operacional a medida que direciona toda a organização ao mesmo fim: atender aos requisitos do cliente, alinhando seus processos, rigor analítico e execução. Para Arnheiter & Maleyeff (2005), apud. Celis & García (2012), é uma metodologia de melhoria rigorosa, cujo princípio fundamental é o foco no cliente. Já Pacheco (2014), atenta para três aspectos principais: aumentar a satisfação do cliente, reduzir os tempos de ciclo e minimizar os defeitos. E de acordo com Hoon e Anbari (2006), essa método é definido como uma estratégia utilizada para ampliar os lucros das empresas e aperfeiçoar a eficácia e eficiência de todas as operações. Logo, sua definição abrange desde erros de processos até a satisfação do cliente nos

processos e resultados e seu foco é a otimização das operações.

Essa metodologia por tal finalidade traz consigo ferramentas a serem utilizadas no aprimoramento da qualidade por meio de fases a serem desenvolvidas durante a implementação do programa. A principal ferramenta utilizada pelo Six Sigma "quando o projeto de melhoria visa à melhoria de um processo existente, é o DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar)," Silva et. Al. 2011, que de acordo com Jiménez & Amaya (2014), consiste em cinco fases e tem como objetivo aumentar a capacidade processos. Tem importância na correção de falhas de procedimentos, gargalos e variabilidades indesejáveis. As suas fases respectivas são descritas a seguir segundo Perez, (2000), tais compreendem na sua sequência a descrição das respectivas etapas e as ferramentas utilizadas como suporte:

a) Definição do projeto de melhoria (D): conhecer o problema a partir dos dados base, especificar a meta de desempenho a ser alcançada, eleger um time. Método: SIPOC (Fornecedor, entradas, processo, saídas e clientes), Project Charter, cronoanálise. O SIPOC consiste em um formulário ou um mapeamento para definição e limitação de atividades desenvolvidas durante um processo. Tem como objetivo evidenciar dentro de cada fase restrições e inter-relações de maneira estrutura. A cronoanálise é uma ferramenta estatística de medição e registro de tempos padrões das operações. Por meio dela pode-se revelar gargalos produtivos, nível de produtividade, definições de fluxos, capacidade de produção e pontos de ineficiências.

b) Medição do processo (M): medir o objeto de estudo, avaliar medidas escolhidas, elaborar do mapa do processo identificando suas entradas e saídas (tanto as desejadas como as indesejadas). Método: diagrama causa e efeito;

c) Análise do processo (A): avaliar as possíveis causas e identificação das causas raízes por intermediárias. Método: Brainstorming, diagrama de Pareto e Matriz de priorização. A Matriz de Priorização é um método para selecionar causas e soluções de diversos problemas administrativos e de processos. Tem como objetivo elencar por meio de notas de um a cinco três elementos: gravidade, tendência e urgência. Os resultados obtidos dessas três variáveis evidencia aquilo que é prioridade para a organização.

d) Implantação da melhoria do processo (I): determinar forma de redução da variação identificada nas entradas, implantação da solução e confirmação da melhoria do processo. Método verificação: boxplot e estratificação. O boxplot. O boxplot fornece informações sobre a locação, dispersão, assimetria, comprimento da cauda e medidas discrepantes de dados estásticos. Contribuir com a tomada de decisões por considerar outras variáveis não perceptíveis apenas com a estratificação de resultados.

e) Controle do processo (C): estabelecer controles, verificar da nova capacidade, manutenção dos processos de monitoramento e melhoria contínua. Método: cartas de controle.

O DMAIC agrega ao planejamento da qualidade por gerenciar e conduzir projetos sustentado por líderes e por atos previamente definido e apoiados nas em relações estastísticas e controles que geram resultados seguros e visíveis de aprimoramento no sistema.

2.2 Lean Manufacturing

Lean manufacturing ou apenas Lean pode ser apresentado como uma filosofia de produção derivada do Sistema Toyota de Produção. Traz como proposta alinhar sequências de produtividade, qualidade e desenvolvimento de produtos de forma dinâmica e eficaz.

Essa metodologia abrange a todos os aspectos das operações industriais desde produtos, desenvolvimento, fabricação, organização, recursos humanos, serviços para clientes e as redes de fornecedores. Procura compreender de maneira sistêmica o que ocorre na organização, de acordo Dumitrescu & Dumitrache (2011), melhora o fluxo do processo pela gestão holística e desta forma remove os resíduos e trabalhos desnecessários. Ainda segundo os mesmos autores o objetivo do Lean é criar processos hábeis que tenham valor ao final da cadeia, ou seja, o olhar busca o todo e não partes do processo e por tal motivo integra toda a cadeia e pode resultar na identificação de valor ao cliente e os resíduos a serem eliminados, sejam estes atividades derivadas do sistema de operações ou despesas de recursos que não agregam nada ao produto final. Seu principal intuito concentra-se na redução de desperdicios e na criação de valor como defende Manotas e Rivera, (2007) apud. Celis e García (2012) e conforme salientam Shah & Ward (2007), apud. Pacheco 2014, o Lean é um sistema sociotécnico integrado, cujo objetivo principal é eliminar o desperdício pela redução ou minimização da variabilidade de fornecedores, clientes e processos na empresa. Logo, esse método possui sua relevância em desonerar custos e elevar ganhos por centrar as atividades e processos evitando a ineficácia de operações, retrabalhos e ainda focar no cliente e na sua satisfação.

A filosofia Lean tem “iniciativas bem-sucedidas quais guiam a um maior rendimento com baixo custo de estoque, maior produtividade e flexibilidade e tempo de resposta rápida para o cliente” Subramaniam (2007), e isso se deve a conexão dada no fluxo completo da cadeia de valor.

Pelo mesmo viés, Todorut et. al. (2012) defende a importância desse gerenciamento por este caracterizar-se um sistema enxuto e de gestão ágil, capaz de se adaptar rapidamente a "todas as mudanças no meio ambiente" e também pelas vantagens supracitadas nos parágrafos acima. Os mesmo autores conceituam essa filosofia de gestão apoiados em Badea (2009) como uma evolução das diretrizes da produção perfeitamente correlacionadas com as condições em que as empresas do século XXI, ou seja, entendem o processo de evolução e adaptações às mudanças como conceito principal para organização.

Portanto, o Lean manufacturing traz o valor ao cliente e erradica atividades desnecessárias, consequentimente suprime gastos indevidos do processo e visa ao todo um ganho maior, não restringe-se a uma parte e sim a todos os setores e suas respectivas atividades e as integra em um único segmento de

gestão, permite a adapatações as mudanças mais facilmente e através dessa perspectiva torna a empresa competitiva.

2.2.1 Os cinco princípios da Mentalidade Enxuta

Conforme Roger, Martha (2010), há cinco princípios da Mentalidade Enxuta para implementação dessa filosofia, como mostra o Quadro 1.

Quadro 1: Cinco princípios da Mentalidade Enxuta

Valor	Identificar quais são as necessidades e expectativas de seus clientes, para que, assim, possa satisfazê-las e cobrá-las a um preço específico, a fim de aumentar seus lucros por meio da melhoria contínua dos processos, da redução de custos e da satisfação do cliente.
Fluxo de Valor	Identificar e analisar para desmembrar na cadeia produtiva a sequência das atividades em três itens: os que agregam valor; os que não agregam valor, porém necessários ao processo; e os que não agregam valor algum (desperdícios), devendo ser eliminados.
Fluxo Contínuo	É caracterizado pela competência de produzir somente o que é necessário e, consequentemente, reduzir o tempo no desenvolvimento de produtos, de processamento de pedidos e em estoques. Assim, depois de identificada a cadeia de valor e os desperdícios a ela inerentes, deve-se proporcionar melhor fluidez para as demais atividades e processos.
Produção Puxada	Permite inverter o fluxo produtivo, no qual os produtos em estoque não mais são empurrados para os clientes por meio de descontos e promoções, mas quem controla a produção é o consumidor. Por esse sistema, as empresas conseguem reduzir a necessidade de estoque e valorizar o produto ao consumidor.
Perfeição	Após definir o valor segundo a necessidade do cliente, identificar e analisar o fluxo de valor, criar um fluxo contínuo entre os processos e implementar um sistema no qual o consumidor é quem impulsiona a produção, para a organização alcançar a perfeição, ela deve buscar a melhoria contínua nos processos de eliminação de desperdícios e criar atividades que acrescentem valor ao produto ou serviço.

Fonte: Autores

Portanto, os resultados obtidos através da aplicação do *Lean* provocam aumento da capacidade de atender àquilo que o consumidor procura a custos mais baixos, *lead time* mais curto e maior rentabilidade para a empresa.

2.3 Lean Six Sigma

O Lean Manufaturing e o Six Sigma são duas abordagem distintas, mas que convergem aos mesmos propósitos. Ambas estão alinhadas a fim de satisfazer o cliente e melhorar processos, porém dada as diferentes origens, cada uma se detém em diferentes focos da área da qualidade, enquanto o primeiro preocupa-se em minimizar gastos e procedimentos desnecessários o outro busca melhorias de performance produtiva. Segundo Anthony & Kumar (2012), o escopo do Lean é criar um ambiente para melhorar o fluxo e eliminando resíduos o Six Sigma, por outro lado a identificar e quantificar os problemas que estão relacionados com

variação de processos. As duas são estratégias poderosas para concentrar os esforços nas suas respectivas áreas de atuação e desta maneira oferecer um maior potencial de melhoria. Ainda afirmam os mesmos autores que apesar de suas raízes diferentes, é bastante claro que o Lean e Six Sigma englobam muitas características comuns, tais como a ênfase na satisfação do cliente, a melhoria contínua, o envolvimento dos funcionários e a procura das causas relativas ao desafios a serem sanados. E por assim ser que é possível trabalhar em um mesmo projeto o dois não de maneira distinta, mas integrada.

A vantagem do uso integrado reside no enfoque quantitativo fornecido pelo Seis Sigma através de ferramentas da qualidade junto a visão de fluxo do Lean (Bendell, 2006 apud Pacheco, 2014) .Já Falnita el al. (2007) apud. Todorut et. Al. (2012), ressaltam o Six Sigma como gestão sinérgica que consiste em integrar e otimizar processos através das fases do DMAIC e o Lean como conceitos de custos, e sua prerrogativa por consequência é a origem de uma proposta de produtos e serviços de alto nível a preços competitivos alcançando um excelente nível de desempenho e eliminando perdas na produção.

Para Chen (2008) a combinação das metodologias resulta na maior capacidade para resolver problemas desde o nível operacional até o estratégico. Os dois modelos acrescentam progressos no sistema de gestão e se integrados a um propósito e tornam um de uso único ineficiente.

Entende-se a relevância da alternâncias das filosofias para que se concluam com um objetivo único para que tragam os resultados esperados. Para Todorut el. At. (2010) enquanto cada abordagem pode resultar em grande melhora, utilizando ambos os métodos simultaneamente mantém a promessa de ser capaz de lidar com todos os tipos de problemas de processo com os instrumentos mais adequados.

Para Dumitrescu & Dumitrache (2011) o desenvolvimento dessa gestão conexa leva a um desempenho financeiro superior, aborda novas necessidades, através da diferenciação do produtos e serviços ou ajustando as linhas de negócios para novos processos. Trata-se de fazer um produto ou serviço com a finalidade de satisfazer a percepção individual de um cliente. “Portanto, no que diz respeito Lean Six Sigma, a preocupação não é apenas para "fazer as coisas direito", mas também para "fazer as coisas certas direito”.

A fim de envolver-se melhor os conceitos segue abaixo o desdobramento das ferramentas utilizadas em conjunto conforme Silva et Al (2011) e Biasgaard e De Mastro (2006) apud Anthony & Kumar, (2011), Lean Six Sigma, constituição e elementos:

• Direcionamento e estrutra - e infra-estrutura: fase de definição dos resposáveis pelo projeto: líderes (champions), Black Belts e Green Belts,

• Organização desenvolvimento de projeto - promover e conduzir a integração, conduzir o desenvolvimento de melhorias e apoiar sua implantação, definir uma infraestrutura de recursos capacitados, desdobrar de projetos e ações a partir de uma visão holística, projetos classificados como "ganhos rápidos" (Lean) ou "avançado" (Six Sigma).

• Ancoragem organizacional de soluções e ambiente - garantir a implementação de soluções, tarefas e responsabilidades claramente definidas, procedimentos padronizados, etc promover um ambiente construtivo que favorece a convergência das propostas preconizadas.

• Vinculação seleção de projetos com a estratégia de negócios e métodos - garantir que os projetos estejam alinhados com os objetivos estratégicos globais do negócio.

Assim sendo, Pacheco (2014) afirma que o Lean reforça a filosofia da estrutura e fornece direção estratégica para a melhoria, orientando a dinâmica geral do sistema e informando o estado atual das operações. Lean identifica as áreas fundamentais para a melhoria. Após serem identificados os pontos críticos, usam-se projetos Seis Sigma para focar na melhoria e conduzir o sistema para o estado futuro desejado, o Quadro 2 resume os pontos fortes em ambos.

Quadro 2: Pontos fortes do Lean e do Seis Sigma

- Lean: amplitude – compreende o todo, melhora a capacidade
- Six Sigma: complexo e focado – profundo, compreende os detalhes
- Lean: foca na continuidade e na cadeia de valor – processo único de melhora dos fluxos
- Six Sigma: ajuda a entender e melhorar a situação pelas ferramentas – o foco na capacilidade sobre controle para atender ao cliente.

Fonte: Lean Six Sigma interconnections Jenica et. al. (2011)

O Lean junto ao Six Sigma direciona projetos de qualidade com maior desempenho devido a complementariedade desde que alinhada a objetivos claros. Os dois utilizados conjuntamente garantem a organização atingir as propostas estabelecidas e não tão somente com ganhos na lucratividade e com a fidelização do cliente, mas também pela cultura imposta e consequentemente a continuidade dos processos cada vez mais eficazes.

3-Metodologia de pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada foi o estudo de caso. A escolha desta abordagem está em concordância com as proposições de Yin (1994), pois se deseja "investigar um fenômeno atual dentro do seu contexto real, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e utilizando-se várias fontes de evidência". A pesquisa de campo, tendo sido realizada por meio de estudos de caso, utilizou-se de um método qualitativo e quantitativo, de pesquisa descritiva (ou exploratória). Segundo Gil (1996), os métodos denominados qualitativos caracterizam-se por um foco maior na compreensão dos fatos que propriamente na sua mensuração. Foram conduzidos os estudos na empresa XYZ em loco, coletando e analisando os dados obtidos.

4-Caso prático

4.1. Estudo de caso 1, 2 e 3 na emprsa XYZ

Os estudos de caso pesquisados refere-se à uma indústria de autopeças na região de Sorocaba, São Paulo, a empresa será denominada XYZ. O intuito da pesquisa é demonstrar através de uma experiência prática as aplicações referentes a metodologia do Lean Six Sigma assim como seus respectivos resultados em resoluções de problemas que envolvem processos de fabricação de produtos.

O caso 1, constatado um gargalo na produção pela ineficiente rentabilidade de uma máquina W e por consequência a interrupção do fluxo de operações, com desperdício de recursos para a fabricação de uma peça A, buscou-se na metodologia do Lean Six Sigma eliminar as falhas e melhorar *leadtime* da operação em uma das células produtivas da empresa XYZ. Através do DMAIC e suas ferramentas de apoio estudou-se um novo ajuste do parâmetro de operação e com a aplicação do Lean enfocou-se no mapeamento das atividades desenvolvidas para a redução de tempo e custos no fluxo produtivo.

Primeiro por meio das fases do DMAIC foram descritos os processos e o raciocínio, com foco na máquina, na qual se encontrava o problema. Logo, o início da construção da metodologia se inicia pelo DMAIC, com D, o DEFINE.

No DEFINE, levantou-se importantes informações, que consistiam na cronoanálise do tempo médio das máquinas e na cronoanálise da que apresentava gargalo. Com os resultados obtidos dessa medição, pode se calcular o custo do processo, como também definir uma porcentagem de melhoria e estipular ganhos. Sendo então, o custo da peça fixo de r$3,80, e o tempo gasto atual de 539400 min/ano, o custo gerado anualmente é de r$2.022.750. Se melhorado o processo em 15%, o tempo poderia ser reduzido em 496240 min/ano e o custo diminuiria para r$1860930 que resulta em r$ 162000 de economia ao ano a partir do melhoramento da eficácia da máquina e consequentemente do fluxo do processo, justificando assim a relevância do projeto. Também durante esse período foi determinado o indicador global: rentabilidade, para acompanhar e verificar o resultado. Foi ainda definida a equipe incumbida por meio do Project Charter aliado aos belts, definindo posições responsabilidades e hierarquia. Por fim, SIPOC focou nos principais pontos da estrutura a serem concentrados, ou seja, os fornecedores, as entradas, os processos, as saídas e os clientes.

Na segunda fase composta pelo M, MEASURE, que sucede a cronoanálise, foi levantado as possibilidades de erro da operação da máquina W, comparou-se os parâmetros utilizados anteriormente e os novos parâmetros a serem testados e mapeou-se um plano de ação. Duas metas foram estipuladas: uma da máquina e outra do processo, sendo respectivamente a primeira, a meta específica: reduzir o tempo médio de processo da máquina W de 51,74 segundos para 43,82 segundos, ou seja, otimizar em 15%, como já previsto anteriormente na cronoanálise, e a meta global de 98,00 para 91,00 segundos, otimizar em 8%, ou seja, o impacto da melhoria da máquina ao longo de todo processo.

Já a terceira fase, A, ANALYZE, pelo mapeamento do processo e conhecimento das variáveis que o influenciam estratificou-se os dados coletados e através do gráfico de Pareto e o boxplot obteve-se as dispersões de tempo da máquina. Em um Brainstormig feito pela equipe envolvida levantou-se possíveis causa para o problema dessa dispersão: 1. excesso de sobre-metal, 2. tempo de acabamento e desbaste, 3. avanço do eixo X e tempo de dressagem e do mesmo modo as soluções potenciais para o problema prioritário: redução do

tempo da máquina, através de um diagrama de causa e efeito.

Nas duas etapas finais, há o I, IMPROVE, na qual se avaliou o Brainstorming e suas suposições. A análise foi iniciada pelas opções 1 e 2, entretanto por não haver como desdobrar sobre a primeira opção devido a ser um problema de fornecedores, discutiu-se sobre sobre o tempo de desbaste da máquina. O projeto então foi direcionado para alteração dos parâmetros da máquina como já havia sido discutido nas outras fases. Após o reajuste previsto da máquina W houve uma nova estratificação e novo boxplot realizado. Foi notório o desempenho da máquina que ultrapassou a meta estabelecida de 15% para 32%, que reduziu o tempo de 51,74 para 32 segundos e que consequentemente levou a atingir a meta global de 8% em 15%, reduzindo de 98 para 82 segundos. Como consequência o resultado elevou a redução dos gastos mais do que o esperado.

Por último o C, CONTROL, verificou-se a qualidade do produto A nos novos parâmetros da máquina e obteve resultados satisfatórios o que levou a liberação desses parâmetros. Depois, como instrução e procedimento para não retroceder o problema alterou-se no documento da máquina a ajustagem e controle do produto A, bem como foram estabelecidos relatórios mensais a fim de monitorar o desempenho da máquina e da célula do processo.

Ao empregar duas filosofias com o objetivo de complementariedade traz-se ganhos, pois, o Lean trouxe o mapeamento e a redução do custo e o tempo, otimizou o leadtime ao compreender o processo inteiro e o seu ciclo, o Six sigma concentrou-se nas ferramentas estatísticas e de qualidade para solucionar o problema pontual da máquina. Durante o projeto de melhoria na célula produtiva da empresa XYZ pode-se observar que as ferramentas eram utilizadas simultaneamente com foco em partes estratégicas, mas algumas vezes isoladas, porém sempre complementares.

O caso 2 onde a aplicação do Lean Six Sigma trouxe significativas melhorias ao processo de produção. Em uma outra célula da indústria de autopeças, uma estação de trabalho apresentava um problema: o de refugo de peças. Durante o processo fabril de uma peça B, uma estação de trabalho de medição que verificava a qualidade das peças mostrou resultados nas medições incertos e variáveis, ou seja, os produtos aprovados possuíam margem duvidosa sobre a sua qualidade, assim como alguns refugados tinham expressa qualidade, porém eram refugados pela máquina. Este fato trouxe baixa confiabilidade na medição de qualidade da máquina e como consequência risco aos clientes e a imagem da empresa.

Assim como no primeiro estudo de caso, o Lean foi aplicado no mapeamento de atividades e também no fluxo produtivo e o Six Sigma agiu através do DMAIC e suas fases e ferramentas de apoio no problema pontual que agora trata de uma estação de trabalho de medição.

Com o início em D, no DEFINE a equipe responsável deliberada no Project Charter apontou um relatório anual extraído da própria célula produtiva na qual dados das peças refugadas puderam ser analisados e avaliados. O relatório mostrou que 0,48% das peças eram refugadas no mês, do total de 93.600 peças, 450 eram retidas. Porém apesar da margem parecer pequena o processo nessa estação de trabalho era prioritário, visto que traria estimativas de redução de gastos de R$ 11.954,00 ao mês por custo de peças rejeitadas e no ciclo do processo R$ 3.945,00 ao mês, o que totalizaria uma economia de R$ 15.899,00 ao mês para a fábrica. Além dessa notória observação a produção na célula passaria de 800.000 mil peças para uma produção anual de 1,6 milhões de peças, ou seja, dobraria sua capacidade produtiva. Também, pode-se ressaltar a

diminuição de retrabalhos, a maior segurança e confiabilidade para o consumidor. Essas informações mostraram a necessidade de melhoria para o melhor rendimento da produção, menores custos e a confiabilidade dos produtos. Visto a importância do projeto a decisão foi desenvolve-lo e verificar seus resultados. Como indicador foi escolhido o índice de refugo da máquina para comparações futuras. Durante essa fase o SIPOC definiu e delimitou os processos a serem conhecidos e o qual devia ser concentrado no fluxo

Na próxima fase M, MEASURE, por meio do Diagrama de Pareto e posteriormente pela estratificação isolou-se o problema do refugo na estação de trabalho e especificou-se em uma região: a medição do ABS. Identificou-se que duas peças distintas tinham mesmo índice de refugo o que totalizava 44%. O processo apresentava 0,48% de refugo e a medição do ABS concentrava 44% desse total. Logo, duas metas foram estipuladas a meta específica que se concentrava na região de medição do ABS deveria alcançar 75% de redução do problema enquanto a meta global consequência da meta específica deveriam diminuir em 33% o índice total de refugos.

O ANALYZE, A, trabalhou três diferentes ferramentas da qualidade com a finalidade de apresentar possíveis fatores de criticidade para o problema. Através do Diagrama de causa e efeito e brainstorming levantou-se motivos prováveis e pela matriz de priorização foram elencadas as mais relevantes e entre elas estavam: parâmetros incorretos e posicionamento do sensor. Após a priorização, as causas fundamentais foram estudadas através de um experimento que mudava o posicionamento do sensor para a mesma peça. Nessa experiência se aferiu que havia variação nos valores de medição conforme posicionamento do sensor para a mesma peça. Portanto, devido ao fato do sensor estar mal ajustado houveram tais resultados com valores enganosos de medição. Com o ajuste do sensor a decorrência fez necessário a troca de alguns parâmetros no programa de medição, pois, a utilização do programa com os mesmos parâmetros para um diferente sensor, causaria resultados novamente errados e deste modo reajustou-se os parâmetros.

O IMPROVE, I, após o analisar as soluções e causas dos problemas na linha de produção, a medida tomada foi alterar os parâmetros conforme o plano de ação delineado e também contactar a matriz para auxilio nos reajustes do sensor por meio do software atualizado. Essas ações feitas mostraram um resultado melhor do que a expectativa. A meta de especifica passou de 75% para 85% e a meta global consequentemente de 33% passou a 37,7%. Portando, a economia de custos passou o esperado e ainda assegurou a maior produtividade das operações.

Por fim o C, CONTROL, tomou como estratégia para não reincidir o problema o treinamento de um suporte técnico de controle do sensor e também colocou uma carta de controle na máquina para monitorá-la.

Ao compreender os dois estudos de caso, fica evidente a ferramenta do Six sigma atuando em setores e equipamentos de processos diferentes. A ferramenta traz resultados otimizados na produção em problemas específicos de operações de máquinas. Já o Lean não tão evidenciado traz não somente nos dois estudos o mapeamento de fluxo de valor e atividades, mas principalmente no desenvolvimento de todos os setores da empresa. Observa-se o Lean nessa organização de forma generalizada buscando redução de custos e ampliando a sua visão não apenas para uma célula produtiva e sim todas as células envolvidas. Logo, sua importância está na amplitude assim como o Six Sigma na visão pontual.

O Lean Six Sigma trouxe maior rentabilidade, confiabilidade, qualidade e ganhos de R$ 29.500,00 reais ao mês para a empresa com apenas duas células

melhoradas quanto seus processos. Fica evidente então sua relevância quanto método de aprimoramento de operações e produção.

O caso 3, onde foi aplicado o Lean Six Sigma em áreas administrativas, comprovando a irrestrição de atuação dos métodos e pode-se observar intensa mudança de conceitos de operação com resultados expressivos.

O problema esteve relacionado ao alto Lead time de processamento de informações entre as áreas de Vendas, Comércio Exterior e Expedição da Empresa XYZ, com índices de atrasos na expedição de materiais para envio a clientes.

Na fase inicial do trabalho, interpretada como (D) Define, pôde-se observar que haviam desperdícios operacionais de tempo, espera e repetição de operações entre as áreas, causando um excedente na cadeia, incrementando o Lead time.

Os atrasos e falta de entregas a clientes poderiam causar paradas de linha e consequentes custos à empresa XYZ, viabilizando a execução do trabalho Lean Six Sigma.

Na etapa seguinte, o (M) Measure, os dados foram estratificados, utilizando-se da ferramenta *Árvore de estratificação*, onde foram definidas áreas de atuação distintas e definindo-se metas específicas para cada grupo de trabalho. As principais visualizações que puderam contribuir nesta etapa foram: a) A identificação das Interfaces entre as áreas; b) A Identificação das duplicidades de operação e; c) A identificação de desperdícios operacionais como a operação de diversas telas no sistema sem a possibilidade de trabalho simultâneo entre operadores.

Na fase subsequente, o (A) Analyze, foi possível a avaliação dos problemas identificados e suas causas, podendo identificar potenciais de melhoria via *Brainstorming* com a equipe. As causas potenciais foram identificadas utilizando-se da *Análise PCS* (Problema, Causa, Solução) e puderam ser priorizadas via *Matriz de priorização* e iniciaram-se os testes para conclusão das variáveis mais representativas para redução do Lead time.

Foram identificadas 29 interfaces entre as áreas distintas e muitas delas com duplicidades de atividade por conta da falta de interação e de padronização do fluxo de informações na cadeia toda; Além desta condição observavam-se diversas atividades sem valor agregado como inspeções e reverificações a fim de garantir acuracidade de processos já automatizados e seguros, levando o Lead time total para 22 horas.

As propostas de melhorias pautaram-se na eliminação de processos sem valor agregado e na automação de processos manuais entre todas as áreas envolvidas (Vendas / Comércio Exterior / Expedição) e, assim, projetando-se uma redução do Lead time.

Na etapa seguinte, o (I) Improve, pôde-se identificar ainda algumas oportunidades no que tange a adequação de equipamentos e postos de trabalho que não ofereciam condições de operação otimizadas, principalmente relacionado ao tempo de operação.

Dentre as sugestões para melhoramento estiveram as automações dentro do sistema para possibilitar o acesso e operação de transações simultaneamente entre setores e operadores no mesmo fluxo, a implantação de um segundo monitor em cada estação de trabalho, possibilitando o trabalho com duas transações ao mesmo tempo e a implantação de *workflows* (fluxos de trabalho) para que cada usuário seja avisado de que a tarefa já chegou em seu nível imediatamente após a conclusão do usuário responsável pela tarefa anterior.

As interfaces foram reduzidas para apenas 18 e o Lead time caiu para 15,4 horas, ou seja, uma redução de 30%.

Os ganhos financeiros da operação podem ser calculados considerando que foram totalizadas as horas mensais de 110 operações em que, antes do trabalho, quantificariam 2.420 horas a um custo de R$ 24.200, e depois dos melhoramentos reduziu-se para 1.694 horas, a um custo de R$16.940, ou seja, um ganho de R$7.260,00 por mês.

Por último e, não menos importante, fez-se a implementação da face (C) Control, onde foi realizada a implementação dos indicadores de desempenho da operação, contemplando as fases vitais do processo, e medindo com frequência definida o *Output* de processos finalizados e o Lead time aplicado versus planejado, com os desvios visualmente à mostra.

Foi ainda implementado um fluxo de escalonamento automático de problemas aos superiores das áreas para o caso de qualquer das atividades definidas não ser executada conforme planejamento ou falhar.

O caso 3 apresenta e evidencia a potencialidade de a metodologia Lean Six Sigma também nas áreas administrativas e de controle de processos não produtivos com ganhos significativos para as empresas de qualquer ramo de atividade.

Quadro 3: Comparativo de resultados dos casos apresentados

Caso		Utilização da Metodologia		Ganho para a organização	
		Lean	Six Sigma	Ganho Mensal	Ganho Anual
1	Redução Lead Time - Processo Produtivo	Avaliação da Cadeia Interpretação do Lead Time	Utilização do DMAIC Atuação específica no processo para redução de tempos de Ciclo	R$ 13.500,00	R$16.200,00
2	Redução - Índice de Refugo	Abordagem sobre capacidade produtiva Interpretação de desabastecimento do fluxo devido a índice de refugo	Utilização do DMAIC Atuação específica no processo para redução de variação em causas comuns e especiais Avaliação da variação entre meios de medição sobre repetibilidade e capabilidade quanto à característica dimensional medida	R$ 29.500,00	R$354.000,00
3	Redução Lead Time - Área de Vendas / Comércio Exterior / Expedição (Swimlane)	Mapeamento / Análise das interfaces entre as áreas Automação de Processos Implementação de indicadores	Aplicação PCS (Problemas/ Causa/ Solução) Análise/ parametrização de sistemas	Reduzido Lead Time da Operação em 30% (De 22 horas para 15,4 horas) Ganho financeiro estimado em R$87.120,00 / ano	

Fonte: Dados do estudo

5- Considerações finais

A pesquisa mostrou em fatos reais os resultados vantajosos para a empresa na aplicação das técnicas estudadas e seus ganhos. Para as empresas competitivas no mercado essas ferramentas são imprescindíveis no dia a dia, formar pessoas capacitadas para a execução das ferramentas, para que essas pessoas visualizem as oportunidades de melhorias no processo. A utilização trará vantagem

competitiva ao longo do tempo para a empresa e ganhos de *market share.*

Referências

[1] ANTHONY J.; KUMAR M. Lean and Six Sigma methodologies in NHS Scotland: an empirical study and directions for future research. Quality Innovation prosperity/ Kvalita inovácia prosperita XVI/2 – p. 19-34, 2012

[2] BADEA, F.; Contributions on the Lean Management in the current evolution of company, Economy magazine, Management series, 12(1), pp.168-179, 2009

[3] BHARGAVA M.; BHARDWAJ A.; RATHORE A. P. S. Six Sigma methodology utilization in telecom sector for quality improvement – A DMAIC process. International Journal of Engineering Science and Technology Vol. 2(12), 2010.

[4] CELIS, L. M. O.; GARCÍA S. M. J Modelo tecnológico para el desarrollo de proyectos logísticos usando Lean Six Sigma

[5] Disponível:http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012359232012000300003&lang=pt Acesso em : 6/8/2014

[6] CHEN T.; Discussion on integration of Lean Production and Six Sigma Management. Internation Business Research, Vol. 1 No.1 p. 38-42, January, 2008.

[7] DUMITRESCU C.; DUMITRACHE M. The Impact of Lean Six Sigma on the Overall Results of Companies. Diponível em: html do arquivo http://www.management.ase.ro/reveconomia/2011-2/26.pdf. Acesso em: 7/8/2014

[8] GIL, Antônio. Carlos. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. São Paulo: Atlas, 1996.

[9] HOON K; ANBARI F. K.; Benefits, obstacles, and future of six sigma. Research Technovation vol. 26 p.708–715, 2006

[10] JENICA A. P.; MIHAI G.; SORIN A.; Using Lean Six Sigma as a motivation tool for process improvement. Academy of Economic Studies Bucharest Business Administration;

[11] Disponível em: http://anale.steconomiceuoradea.ro/volume/2010/n2/067.pdf; acesso em 10/8/2014.

[12] JIMÉNEZ F. H.; AMAYA L.C. Lean Six Sigma en pequeñas y medianas empresas: un enfoque metodológico. Ingeniare. Rev. chil. ing. vol.22 no.2 Arica abr. 2014

[13] PACHECO, D. A. J. Teoria das Restrições, Lean Manufacturing e Seis Sigma: limites e possibilidades de integração Prod. vol.24 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2014 Epub Mar 11, 2014

[14] Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002. Acesso em: 6/08/2014

[15] PEREZ, W. M. Seis Sigma: Compreendendo o conceito, as implicações e os desafios. Rio de Janeiro. Qualitymark Editora, 2000.

[16] ROGER W. Hoerl, MARTHA M. Gardner (2010) "Lean Six Sigma, creativity, and innovation", International Journal of Lean Six Sigma , Volume: 1 Issue: 1

[17] SILVA, I.B.; MIYAKELL, D.A.; BATOCCHIO A. III; AGOSTINHO, O.L.; Integrando a promoção das metodologias Lean Manufatuing e Six Sigma na busca de produtividade e qualidade numa empresa fabricante de autopeças

[18] Disponívelem:http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104530X2011000400002Acesso em: 6/8/2014

[19] SUBRAMANIAM A.; Integrating Lean Six Sigma, Projects to your strategy – How to integrate LSS – People, Systems, Methods, Roadmaps, Tools & Techniques, Disponível em: http://www.slideshare.net/anandsubramaniam/lean-six-sigma-projects- strategy-linkage, acesso em: 5/8/2014

[20] TODORUT, V. A.; RĂBONŢU I. C.; CÎRNU D.; Lean Management – The way to a performant enterprise. Annals of the University of Petroşani, Economics, vol. 10(3), p. 333-340, 2010

[21] YIN, Robert K. Case Study Research: design and methods. Thousand Oaks, California, Sage Publications, 1994.

CAPÍTULO 18

METODOLOGIA SEIS SIGMA APLICADA NA QUALIDADE DO SERVIÇO HOSPITALAR – ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DOS PROCESSOS DA LAVANDERIA DO HOSPITAL SAMARITANO DE SOROCABA/SP

Délvio Venanzi
Orlando Roque da Silva
Diogo Luiz Faustino
Haroldo Lhou Hasegawa

Resumo*:* Este artigo utilizou a metodologia seis sigma para analisar o setor de lavanderia do "Hospital e Maternidade Samaritano", em Sorocaba-SP, com o intuito de verificar se as condições no ambiente de trabalho contribuem para a ocorrência de acidentes e doenças ocupacionais. O objetivo foi identificar os riscos físicos e biológicos aos quais os funcionários da lavanderia estão sujeitos durante a separação dos enxovais na "área suja" da lavanderia. A metodologia utilizada foi a Seis Sigma e respectivas ferramentas estatísticas que acompanham as fases DMAIC, como o mapeamento de todo o processo da lavanderia, através de observações assistemáticas e entrevistas abertas com os funcionários, que serviram de base para a definição do projeto após a identificação de que muitos ferramentais e perfuro cortantes são transportados do centro cirúrgico e do centro obstétrico para a lavanderia hospitalar. Assim, esse estudo comprovou as deficiências no processo, apresentando sugestões para conduzi-lo a melhores condições. O artigo conclui que a metodologia é eficaz no processo de identificação de causas e ações de melhoria no processo de separação de uma lavanderia hospitalar.

Palavras Chave*:* Seis Sigma; Qualidade Nos Serviços;Lavanderia Hospitalar

1. Introdução

De acordo com Pande, Neuman e Cavanagh (2001), a busca da qualidade no trabalho é uma prioridade para toda organização que deseja por seu desenvolvimento. Nesse sentido, a qualidade deixa de ser uma opção e passa a ser uma necessidade para todas as empresas inclusive na área de serviços, uma vez que o mercado está cada vez mais complexo e competitivo. A busca da qualidade atinge inclusive o setor de Saúde. Dessa maneira, os serviços nessa área visam melhorar ou criar processos para gerar melhor assistência ao paciente. Como no caso da lavanderia hospitalar, que é o setor responsável pelo processamento de toda roupa utilizada pelos pacientes e funcionários do hospital, assim, é indispensável para o bom funcionamento do mesmo.

O presente artigo trata sobre o demanda na lavanderia do Hospital e Maternidade Samaritano de Sorocaba com observações no processamento das roupas e questionamentos feitos aos funcionários para descobrir os principais problemas decorrentes do trabalho diário. Dessa forma, utilizou-se da metodologia Seis Sigma e de algumas ferramentas da qualidade para diagnosticar e mensurar as causas do principal problema levantado ao identificar que muitos materiais cirúrgicos e perfuro-cortantes vão parar no meio dos enxovais na lavanderia hospitalar, acarretando risco de acidentes aos funcionários. O principal objetivo desse artigo é identificar a integração no processo da lavanderia hospitalar que atende a todas as alas do Hospital Samaritano e diminuir o recolhimento dos materiais que irão para a lavanderia com resíduos hospitalares que não fazem parte do processo.

A justificativa do artigo coloca que a lavanderia hospitalar é considerada um dos setores fundamentais na qualidade de prestação de serviços hospitalares. De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a qual cobra padrões de atendimento adequados, as roupas hospitalares são consideradas como uma provável fonte de infecção, porém, o risco de transmissão de ocorrências é praticamente inexistente se a mesma for corretamente manipulada e processada e, não possui papel relevante na cadeia epidemiológica das infecções hospitalares. Além disso, os trabalhadores que exercem atividades na unidade de processamento de roupas estão sujeitos a contrair doenças ao entrar em contato com materiais contaminados com fluidos corporais. Dessa maneira, os apontamentos acima procuram demonstrar a necessidade de uma análise mais aprofundada quanto aos serviços prestados pela lavanderia hospitalar.

2. Metodologia

A abordagem que será utilizada no estudo de caso, com base nos objetivos propostos do Hospital e Maternidade Samaritano é do tipo exploratória e a análise dos dados será de natureza qualitativa. (SOLOMON, 1999). Dessa maneira, essa pesquisa tem o intuito de conhecer a variável de estudo, suas descrições, o contexto onde se insere e as pessoas envolvidas no processo para tomar conhecimento e solucionar o problema de materiais cirurgicos e hospitalares estarem contidos entre os enxovais que vão para a lavanderia. O artigo tem como alicerce a pesquisa bibliográfica, a qual consiste no estudo baseado em material publicado em livros, revistas, *e-clipping* e teses (VERGARA, 2000). Por conseguinte, será realizada uma pesquisa de campo com o objetivo de conseguir informações e conhecimentos acerca do problema pré-estabelecido na pesquisa (MARCONE, 2010). O artigo terá como linha a pesquisa quantitativa-descritiva, cuja principal finalidade é o delineamento ou análise das características de fatos ou fenômenos, a avaliação do programa ou o isolamento de variáveis principais.

3. Revisão Teórica

3.1 O Programa *Six Sigma* (Seis Sigma)

A emergente extensão do modelo Seis Sigma é usado como desempenho nos negócios em diferentes organizações como governo, prisões, hospitais, forças armadas, bancos e empresas multinacionais. Segundo Carvalho (2005), é um modelo que tem se difundido rapidamente no Brasil e no mundo, chamado como a qualidade para o século XXI. Dessa forma, esse conceito será apresentado a seguir com sua breve história. De acordo com SCHROEDER (2008), é um *sistema* abrangente e flexível para alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. Seis Sigma é regularmente impulsionado por uma estreita compreensão das necessidades dos

clientes, pelo uso disciplinado de fatos, dados e análise estatística e a atenção diligente à gestão, melhoria e reinvenção dos processos de negócios. Devido a experiência desses estudiosos e a crescente intensidade das empresas que aderem ao Seis Sigma a cada dia eles a definem como um meio de aumentar o desempenho através de seu alcance e flexibilidade sempre voltados para o que o cliente deseja no produto ou serviço que a empresa lhe proporciona.

3.2 A medida Sigma

O programa redefine qualidade como o valor agregado por um esforço produtivo e busca que a empresa alcance seus objetivos estratégicos. Cada vez que acontece um erro, a empresa gasta tempo e dinheiro para corrigi-lo. Isso quer dizer que, ao projetar e fabricar produtos quase sem defeitos, ou a prevenir a possibilidade de erros, ela está contendo gastos. Dessa forma, o Sigma é uma letra grega utilizada pela estatística para definir o desvio-padrão de uma população. Mede a variabilidade ou distribuição dos dados. Nível de qualidade Seis Sigma significa que a variação do processo está contida seis vezes nos requisitos do cliente. Seis Sigma também pode ser uma medida de variabilidade. Em suma, quanto maior o sigma do processo, melhores são os produtos, serviços e satisfação dos requisitos do cliente – ou menor o número de defeitos (NASLUNG, 2008). De acordo com o quadro da "escala sigma", a conversão em sigma é melhor ilustrada.

Quadro 1: Tabela simplificada de conversão em sigma

Se seu rendimento é...	Seu DPMO é...	Seu sigma é...
30,90%	690.000	1
69,20%	308.000	2
93,30%	66.800	3
99,40%	6.210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R.(2001).

A maioria das empresas opera no nível 4 Sigma, o que equivale a 6.210 defeitos por milhão de oportunidades de haver defeitos. O nível 6 Sigma gera apenas 3,4 defeitos por milhão.

3.3 Seis Sigma na área de serviços

O maior histórico de dados na utilização do Seis Sigma é na área industrial, visto que, o processo é mais visível, os ganhos financeiros normalmente são maiores e mais fáceis de serem calculados e *mind-set* (forma como a sua mente encara e reage aos desafios e demandas diárias) de melhoria de processos. Em contrapartida, a implementação do Seis Sigma em serviços é mais desafiadora, principalmente porque, nesse setor, estão envolvidos processos de trabalho intangível, cujos fluxos e procedimentos podem ser facilmente alterados, o que pode dificultar a coleta de dados e a aplicação de técnicas de análise mais sofisticadas. Além disso, as ferramentas da qualidade têm maior tradição de uso em manufatura do que em serviços. Para que essas dificuldades possam ser vencidas, é necessário definir os aspectos subjetivos presentes nos processos de prestação de serviços de modo claro, mensurável e correlacionado aos objetivos que se busca alcançar (por exemplo, ter a definição precisa e sem ambiguidades do que é, ou não, um defeito) (SANTOS, 2008).

3.4 DMAIC

Segundo Andrietta (2007), desde que o movimento da qualidade começou muitos modelos de melhoria contínua dos processos têm sido aplicados ao longo dos anos com base no "ciclo de aprendizado de Deming", mais conhecido como ciclo PDCA (Planejar, Desenvolver, Corrigir e Agir corretivamente) o qual descreve a lógica básica da melhoria de processos baseada em dados. Na Estratégia Seis Sigma, o desenvolvimento desses projetos ou em reprojetos é realizado com base em um método que se baseia no ciclo original PDCA, denominado DMAIC. Assim, é definido as principais atividades do DMAIC em cinco etapas:

Quadro 2: Visão geral dos "caminhos" do modelo DMAIC

Processos de Melhoria Seis Sigma		
D	*Define* (Definir)	Identificar o problema, definir requisitos, estabelecer meta;
M	*Measure (Medir)*	Determinar a localização ou foco do problema;
A	*Analyse* (Analisar)	Determinar hipóteses causais, identificar causa-raiz;
I	*Improve* (Melhorar)	Propor, avaliar e padronizar soluções para remover cada causa-raiz;
C	*Control* (Controlar)	Estabelecer medidas-padrão para manter desempenho, corrigir problema quando necessário.

Fonte: Pande, P.; Neuman, R.; Cavanagh, R. (2001).

O método DMAIC do Seis Sigma também pode ser aplicado na mensuração dos materiais que irão para a lavanderia com resíduos hospitalares que não fazem parte do processo. Essa irregularidade pode ser detectada na fase de separação dos materiais para a lavagem. Dessa maneira, uma boa seleção que antecipa a coleta realizada pelos setores que utilizaram o produto que será destinado à lavanderia, auxilia na prevenção de acidentes e na eficiência do trabalhador do processo de lavagem.

4. Estudo de caso prático – lavanderia do hospital samaritano

O objeto de estudo da pesquisa terá como alicerce a análise profunda de uma unidade do Hospital Samaritano de Sorocaba com a intenção de conhecer suas características essenciais e verificar de que forma pode ser melhorada a qualidade do processo. O processo escolhido foi a lavanderia do Hospital. Para atender sua missão em atendimento diferenciado, qualitativo e confiável o Hospital possui estrutura preparada para conciliar atendimento de excelência, tecnologia, apoio psicológico e espiritual por meio da Hotelaria Hospitalar, cuja principal missão é "humanizar a doença", mudando o foco de um hospital tradicional. Para isso, seu ambiente é agradável por possuir paredes coloridas e uma decoração que ameniza o estresse e a angústia do paciente fragilizado ao entrar num hospital, pois torna o tempo de permanência do paciente no hospital a mais agradável possível, oferecendo aos clientes assistência, segurança e qualidade de atendimento, tornando o ambiente hospitalar o mais próximo possível do ambiente familiar.

A lavanderia hospitalar é um dos principais serviços de apoio ao atendimento dos pacientes, responsável pelo processamento da roupa e sua distribuição em perfeitas condições de higiene e conservação. Um bom sistema de processamento da roupa é fator de redução das infecções hospitalares e impactos ambientais. Esse tipo de atividade é especializada, sendo própria ou terceirizada, no caso do Hospital Samaritano a unidade de

tratamento para atender a demanda é interno. Esse serviço é responsável pelo fornecimento e pela manutenção de roupas utilizadas por pacientes internados, médicos, enfermeiras e auxiliares em áreas de acesso restrito, como o Centro Cirúrgico. As roupas processadas na lavanderia que são utilizadas no serviço de saúde do hospital em estudo são: campo cirúrgico, lençol, fronha, camisola, toalha, edredom, cobertor e travesseiro. Assim, consta-se que as sujidades são variadas conforme os locais de utilização.

A área de recebimento, separação, pesagem e lavagem das roupas sujas na lavanderia são denominadas no hospital em estudo como "área suja", devido ser considerada uma das mais contaminadas de todo o hospital, por apresentar odor, risco de contaminação e fadiga. E a "área limpa", a qual a roupa passa pelo processo de centrifugação, secagem, dobragem após ser feita sua descontaminação pelo processo de lavagem. A lavanderia hospitalar está localizada em um pavimento separado da estrutura principal do hospital e é composta pela "área suja" e "área limpa", as quais são separadas com o intuito de evitar a contaminação entre roupa suja e limpa. O DMAIC pode ajudar a posicionar o Seis Sigma como uma abordagem realmente diferente e melhor à melhoria da empresa. Assim, a seguir serão detalhados cada fase desse processo com o intuito de auxiliar a fazer a melhor escolha e adaptação ao modelo.

4.1 Define (Definir)

Na primeira etapa do DMAIC, será demonstrado qual o processo do Hospital Samaritano que será melhorado para atender as necessidades e aumentar a satisfação de seus funcionários com a formulação da Carta de Projeto Seis Sigma, para isso, foi realizado um monitoramento das necessidades e especificações do cliente.

4.2 Voice of Costumer (Voz do Consumidor)

Segundo Carvalho (2005), captar a "voz do consumidor" - VOC (*voice of customer*), ou seja, os atributos que influenciam a percepção do consumidor para a qualidade do produto/serviço, é uma tarefa de monitoramento contínuo, não só pela dinâmica natural de evolução desta percepção ao longo do tempo, mas também pela melhoria dos padrões de desempenho da concorrência que acabam por influenciar os níveis de desempenho demandados pelo consumidor. Dessa forma, a VOC pode ser dividida em itens básicos da qualidade; itens de desempenho; ou itens de encantamento do consumidor. No caso do Hospital Samaritano os itens de desempenho foram obtidos por meio de entrevista direta com seus clientes, ou seja, com os 13 integrantes do setor da lavanderia e pelo método indireto ao serem observados em ação para identificar oportunidades de melhoria. Com as questões abordadas nas entrevistas e observações de todos os *stakeholders* do processo de lavagem as principais reclamações para melhor entendimento das solicitações que demonstram o cotidiano dos funcionários da "área suja" do hospital são:

- Muitos produtos cirúrgicos e descartáveis no meio dos enxovais;
- A rampa de acesso para entrar na lavanderia com o carrinho de recolhimento cheio é uma subida e fica escorregadia em dias de chuva porque não há cobertura;
- Os produtos de limpeza são repostos pelos funcionários quando estão quase no fim;
- Todos os enxovais são separados na lavanderia, não são divididos em produtos sujos e muito sujos.

Com o intuito de melhorar a qualidade de vida dos funcionários da "área suja" da lavanderia do Hospital Samaritano será selecionado um dos critérios o qual acredita ser o que mais prejudicaria o mesmo e a empresa em estudo se houver acidente de trabalho. Dessa maneira, a pesquisa terá maior dedicação ao estudo dos ferramentais cirúrgicos e perfuro-cortantes que vão para a lavanderia no meio dos enxovais utilizados no centro cirúrgico e no centro obstétrico. Em contrapartida, para que ocorra uma melhoria em todo o setor serão sugeridas melhorias para todas as outras reclamações ilustradas anteriormente com a utilização de *benchmark*, ou seja, com base em informações adquiridas em outra empresa que possui excelentes indicadores de desempenho na área.

Dessa forma, o método 5W2H tem o objetivo de definir para a estratégia de ação elaborada os seguintes itens: *What* – O que será feito; *When* – Quando será feito; *Who* – Quem fará; *Where* – Onde será feito; *Why* – Por que será feito; *How* – Como será feito; *How Much*; *How Many*– Quanto custa. Assim, o 5W2H é considerado um *check list* das atividades que devem ser desenvolvidas com o máximo de clareza possível pelas partes envolvidas no processo (NONTHALEERAK, 2008). Essa fase possui vital importância no desenvolvimento do experimento, dando diretriz de forma clara e objetiva tendo como propósito essencial iniciar adequadamente o projeto, atingindo assim os objetivos esperados. Abaixo um diagrama que demonstra a representação visual de forma simplificada do processo realizado para que se possa entender melhor qual o processo de uma lavanderia hospitalar.

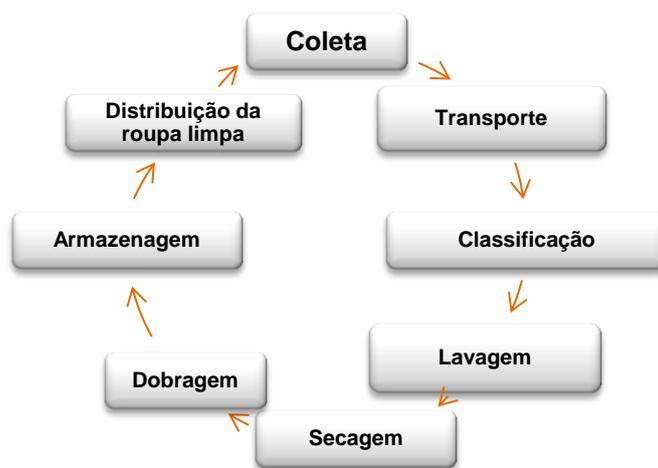



Figura 1: Diagrama do processo.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Measure (Medir)

Nesta fase será feito um levantamento geral de todas as entradas, processamento e saída com o intuito de verificar sua relação com o cliente.

4.4 SIPOC

O diagrama SIPOC, segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2001) é uma ferramenta do Seis Sigma que fornece um método que facilita a visualização rápida das informações relevantes sobre o processo de negócio em análise. O SIPOC é dividido em cinco seções:

Quadro 3: Processo "SIPOC"

SIPOC				
Supplier (Fornecedor)	*Input* (Entrada)	*Process* (Processo)	*Output* (Saída)	*Customer (Cliente)*
Fabricante	Lençol grande		Lençol grande limpo	Raio X
	Lençol pequeno		Lençol pequeno limpo	Pronto Socorro
	Fronha		Fronha limpa	UTI Infantil
	Cobertor		Cobertor limpo	UTI Adulto
	Edredom		Edredom limpo	Centro Cirúrgico
	Travesseiro		Travesseiro limpo	Berçário
	Toalha de banho		Toalha de banho limpa	Enfermaria dos apartamentos
	Camisola		Camisola limpa	
	Campo cirúrgico duplo		Campo cirúrgico duplo limpo	
	Campo cirúrgico simples		Campo cirúrgico simples limpo	
	Avental		Avental limpo	
	Lençol infantil		Lençol infantil limpo	
	Compressa		Compressa limpo	
Plast Bag	Plástico de armazenagem			
Ecolab	Produtos de limpeza			
Descarpack	Luvas de látex			
Moldglass	Carro de transporte			
Suzuky	Máquina de lavar			
	Centrífuga			
	Secadora			
	Calandra			
Filizola	Balança			
Fabricante	Máquina de costura			
Fabricante	Seladora			
Fabricante	Aquecedor			
CPFL	Energia elétrica			
Poço artesiano	Água			
Telefônica	Telefonia			

Mapa de Processo de Lavagem Hospitalar

Fonte: Autores

A seguir foi elaborado um plano de coleta de dados Elaborou-se um plano de coleta de dados para armazenar as informações geradas no processo de separação dos enxovais do centro cirúrgico e do centro obstétrico, conforme mostra o quadro 4, possibilitando analisar estatisticamente os dados em tempo real, gerando ações de correção em tempo hábil. Antes do projeto estes não eram armazenados em papéis sendo feita apenas a separação dos produtos que não fazem parte do processo para serem devolvidos quando solicitados, impossibilitando a análise para a tomada de decisão de forma eficaz. Seguindo os passos do DMAIC:

4.5 Amostragem

Devido à falta de conhecimento do nome específico das ferramentas utilizadas no Centro Cirúrgico e no Centro Obstétrico pelo *Team Members* da lavanderia (equipe de colaboradores com a responsabilidade de aplicar a metodologia Seis Sigma para resolução de problemas) a tabela de verificação das coletas foi elaborada de forma simples e de fácil leitura para a anotação das quantidades de Ferramentais e Perfuro Cortantes (todo material capaz de perfurar ou escarificar, tais como agulhas, ampolas de vidro, pontas diamantadas, lâminas de bisturi, lancetas, espátulas e outros similares) que apareciam durante as coletas no prazo de oito dias conforme a tabela a seguir. Foram realizadas cento e noventa e duas cirurgias de diversas categorias nos dois setores do hospital no período de coleta de dados para a verificação dos erros decorrentes no processo.

Quadro 4: Folha de Verificação de Coletas do Centro Cirúrgico e do Centro Obstétrico

	Horário da coleta					
Data	6h00	10h00	13h00	15h00	17h00	21h00
17/01/2011				I		
18/01/2011	I	I	I			
19/01/2011					I	
20/01/2011		II		I		
21/01/2011	I		I			
22/01/2011	I	I				
23/01/2011						
24/01/2011	I				I	

Fonte: Autores.

Ou por outra forma, a saber, foi feito o cálculo para examinar a fração ou ao percentual de amostras de item que continham um ou mais defeitos utilizando a fórmula da Proporção Defeituosa e para verificar a fração das unidades totais enviadas para o setor da lavanderia sem qualquer diversidade calculou-se o Rendimento Final respectivamente.

Quadro 5: Proporção Defeituosa

Fórmula:	Número de Defeitos / Número de Unidades
* 13 de 48 coletas contêm defeitos	

13/48	= 0,2708 (ou 27,08% defeituosos)

Fonte: Autores.

Quadro 6: Rendimento Final

Fórmula:	1 - Proporção Defeituosa
* 13 de 48 coletas contêm defeitos	
1 - o,2708	= 0,7792 (ou 77,92% de rendimento)

Fonte: Autores.

De acordo com o DPO (Defeitos por Oportunidade) é possível verificar as chances que um produto ou serviço apresente um defeito. O número de oportunidades de defeitos irá variar de acordo com a complexidade do produto. Em virtude do estudo que antecede essa etapa do processo, Diagrama de Causa e Efeito, define-se como defeito específico crítico para o cliente a oportunidade para defeito na falta de padronização do processo, a qual inclui contagem de material e falta de registro de ocorrências.

Quadro 7: Defeitos por Oportunidade

Fórmula:	Número de Defeitos / Número de Unidades x Número de Oportunidade
* 13 defeitos, em 48 coletas, 1 oportunidade de defeituosos	
13 / 48 x 1	= 0,2708 DPO

Fonte: Autores

Ao traduzir a medida por oportunidades para defeitos para o formato DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidade), o qual indica quantos defeitos surgiriam se houvesse um milhão de oportunidades, constata-se que estatisticamente ocorrerá 270.800 defeitos em 1 milhão de coletas.

Quadro 8: Defeitos Milhão de Oportunidades

Fórmula:	DPO x 1.000.000 (10^6)
0,2708	x 10^6 = 270.800 DPMO

Fonte: Autores

Ou seja, o nível sigma no processo de separação dos materiais do Centro Cirúrgico e do Centro Obstétrico que vão para a lavanderia do Hospital Samaritano está no nível 2,25 sigmas.

4.6 Improve (Melhorar)

O objetivo da fase de melhoria do DMAIC é identificar uma solução para o problema abordado no projeto, ou seja, encontrar possíveis soluções para que não ocorra o envio de materiais do centro cirúrgico e do centro obstétrico que não fazem parte do processo para a lavanderia. Assim, as atividades da lavanderia dos hospitais que servirão como alicerce para o estudo são o Hospital Unimed (hospital particular com lavanderia própria) e o Conjunto Hospitalar de Sorocaba (grupo que compõe três hospitais públicos com lavanderia terceirizada). Na área de separação, as roupas são divididas entre "leve" e "pesada" para definir o processo de lavagem que será utilizado. A fim de evitar acidentes, o manuseio da roupa suja deve ser o mínimo possível, apenas o necessário para perfeita colocação das roupas na máquina e para identificação de objetos estranhos colocados erroneamente nos sacos de *hamper* (carro feito de estrutura metálica, no qual são encaixados sacos de tecido ou de plástico para o depósito da roupa suja).

A contaminação biológica do trabalhador da unidade de processamento de roupas pode ocorrer em virtude do contato com roupa suja com sangue, secreções, excreções ou outros fluídos corpóreos e pelos resíduos de serviços de saúde que chegam à unidade de processamento misturados à roupa, como os materiais perfuro cortantes e outros. Indubitavelmente, os acidentes com perfuro cortantes representam grande chance de acidentes e doenças ocupacionais devido ao sério risco de aquisição de infecções transmitidas pelo sangue e outros fluidos corporais (vírus HIV, hepatites e outros) para os funcionários que manuseiam a roupa suja, nas quais podem ter sido inadvertidamente desprezadas agulhas ou outros materiais cortantes contaminados por isso que é necessário adotar medidas de controle rigorosas direcionadas para a biosegurança. Afirmando assim, uma das hipóteses feitas no início do estudo, a qual afirma que mesmo não tendo contato direto com os pacientes, os trabalhadores dos setores de processamento de roupas hospitalares estão sujeitos a adquirirem doenças transmissíveis durante a realização de suas atividades.

Os sacos de *hamper* contendo roupa suja devem possuir identificação da unidade de procedência de acordo com a ilustração a seguir com o nome da equipe e data da cirurgia. No caso de serem encontrados objetos estranhos dentro dos sacos, as unidades poderiam ser cobradas, como medida educacional, no sentido de evitar que estas falhas se repitam e no caso de reincidência uma advertência que deverá ser elaborada pela administração do hospital, colocando em risco a saúde ocupacional dos funcionários da lavanderia, além de danificar roupas e máquinas. Com uma etiqueta ilustrativa nos *Plast Bags* de coleta, os funcionários da lavanderia podem colar nos objetos encontrados e encaminhar para o responsável tomar as devidas providências ao comunicar a equipe responsável pelo envio incorreto dos materiais para a lavanderia hospitalar. Em suma, a prevenção, padronização do processo, treinamento constante tanto com a equipe cirúrgica quanto para os funcionários da lavanderia, formalização de ocorrências e caso necessário punição em caso de reincidências evitará preocupações futuras tanto para o funcionário quanto para o hospital, sob o mesmo ponto de vista das hipóteses levantadas no início do artigo.

4.7 Control (Controle)

Com a análise do processo por meio das ferramentas de qualidade adequadas a resposta para o problema definido no início do artigo é confirmada. Dessa forma, após uma discussão dos dados analisados junto a Administração do Hospital, caracterizou-se que será viável as mudanças na aquisição e devolução dos ferramentais cirúrgicos junto ao centro de materiais com o intuito de não se perder produtos durante o processo e que os mesmo não irem para a lavanderia juntamente com os enxovais.

5. Conclusões

Nessa pesquisa realizada na lavanderia do Hospital e Maternidade de Sorocaba, buscou-se observar e avaliar o trabalho dos profissionais desse referido setor com o intuito de contribuir para o conforto, segurança, eficiência e qualidade de vida desses colaboradores. Pretendeu-se com os objetivos específicos, realizar uma pesquisa por meio da metodologia Seis Sigma e as ferramentas da qualidade adequadas para identificar os problemas decorrentes no processo e em seguida propor recomendações, adaptações e/ou soluções preliminares para os problemas diagnosticados. Em relação aos possíveis riscos que o ambiente de trabalho oferece aos trabalhadores, os quais podem se constituir como riscos de acidentes, pode-se afirmar a existência dos Riscos biológicos: representados pela contaminação por microorganismos presentes nos perfuro-cortantes enviados pelo centro cirúrgico e centro obstétrico e nos enxovais infectadas por sangue, fezes e urina, além do não uso efetivo de EPIs ao manipular esses produtos. Riscos ergonômicos: representados pela adoção de posturas incorretas por deficiências no ambiente de modo em geral ao manipular os produtos fora da altura das mãos. Sendo assim, dispensar uma maior atenção aos riscos de acidentes de trabalho e à ergonomia pode ocasionar problemas futuros para a empresa e principalmente ao trabalhador.

Entretanto, com os dados obtidos nesse projeto Seis Sigma constata-se que certas mudanças no ambiente de trabalho devem ser feitas para eliminar o número de instrumentos cirúrgicos que vão para a lavanderia e ainda outras mudanças para o uso adequado dos EPIs e de ergonomias, as quais envolvem tempo, recursos financeiros e diminuiriam as possibilidades de ocorrências de acidentes.

Referências

[1] ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. Aplicação do programa seis sigma no Brasil: resultados de um levantamento tipo *survey* exploratório-descritivo e perspectivas para pesquisas futuras. *Gestão & Produção*, v. 14, n. 2, p. 203-219, 2007.

[2] ANVISA. Processamento de Roupas de Serviços de Saúde: Prevenção e Controle de Riscos. Disponível em: < http://www.licitacoes.ufu.br/licitacao2010/adm/Licitacoes/anexo43-00610-2.pdf>. Acesso em 04 out. 2010.

[3] CARVALHO, Marly Monteiro de. et al. Gestão da qualidade: teoria e casos. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

[4] HOSPITAL E MATERNIDADE SAMARITANO DE SOROCABA. Informações institucionais. Sorocaba, 2010. Disponível em: < http://www.samaritano.med.br/Samaritano/Web/Home/Home.aspx>. Acesso em 05 out. 2010 às 21h38.

[5] MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. Fundamentos da Metodologia Científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

[6] NÄSLUNG, D. Lean, six sigma and lean sigma: fads or real process improvement methods? Business Process Management Journal, v.14, n.3, p. 269-287, 2008.

[7] NONTHALEERAK, P.; HENDRY, L. Exploring the Six Sigma phenomenon using multiple case study evidence. International Journal of Operations and Production Management, v. 28, n.3, p. 279-303, 2008.

[8] Organizações. Revista Gestão & Produção, São Carlos, v. 15, n. 1, p. 43-56, jan./abr. 2008.

[9] PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. Estratégia Seis Sigma: Como a GE, a Motorola e outras grandes empresas estão aguçando seu desempenho. Tradução: Cristina Bazán Tecnologia e Lingüística. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

[10] PREFEITURA MUNICIPAL DE SOROCABA. Dados do município. Sorocaba, 2010. Disponível em: <http://www.sorocaba.sp.gov.br/>. Acesso em 04 out. 2010.

[11] SALOMON, D. V. Como fazer uma monografia. 9. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999. 412 p.

[12] SANTOS, A. B.; MARTINS, M. F. Modelo de Referência para Estruturar o Seis Sigma nas

[13] SCHROEDER, R. G.; LINDERMAN, K.; LIEDTKE, C.; CHOO, A. S. Six Sigma: Definition and underlying theory. Journal of Operations Management, v. 26, p. 536-554, 2008.

[14] VERGARA, Sylvia C. Projetos e relatórios de pesquisa e administração. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2000.

Autores

AUTORES

Alexandra Tadeu Simon

Engenheiro Mecânico pela UNESP, mestre em Engenharia Mecânica pela UNICAMP e doutor em Engenharia de Produção pela UNIMEP. Atuou por mais de 25 anos como gestor nas áreas de produção, engenharia industrial, sistemas da qualidade e planejamento industrial em empresas de grande porte. É professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UNIMEP atuando na área de Logística e Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Alexandre Camacho da Paixão

Doutorando e Mestre em Engenharia Civil pela UFF. Especialista em Gerenciamento de Projetos, Válvulas Industriais e Equipamentos ON&Off Shore, possui Graduação em Engenharia de Produção. Experiência em Gestão de Projetos, manutenção e consultoria industrial, além da experiência na gestão acadêmica e atuação em diversas áreas.

Amanda da Silva Xavier

Discente em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri (URCA) (2012-2017), Ceará. Bolsista/Pesquisadora de investigação sobre Crédito de Carbono na Região do Cariri/Ceará (2014-2016). Foi Diretora de Projetos em EJEPRO Consultoria (2015-2016) e Diretora de Assuntos estudantis em Centro Acadêmico de Engenharia de Produção-URCA (2014-2015).

Andersson Alves da Silva

Discente em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri (URCA) (2012-2017). Foi Coordenador Institucional na Voitto Treinamento e Desenvolvimento (2015); Bolsista de Extensão com o Projeto: Resíduos Sólidos e a Sustentabilidade do Planeta (2016); Monitor da disciplina de "Resistência dos Materiais" (2015); 1º Secretário do Centro Acadêmico de Engenharia de Produção da URCA (CAEP) (2014/2015); e Técnico em Modelagem Matemática (2015).

AUTORES

Carla Cristina Amodio Estorilio

Doutora em Engenharia de Produção pela USP-SP e Cranfield University-Inglaterra. Mestre em Tecnologia e Especialista em Informática pela UTFPR. Especialista em Ergonomia dos Sistemas de Produção pela USP-SP e Graduada em Engenharia Mecânica pela UFPR/Unitau-SP. Professora titular da UTFPR, vem atuando como Professora e Pesquisadora para os Programas de Doutorado, Mestrado e Graduação em Eng. Mecânica, tendo orientado aproximadamente 60 trabalhos na área e participado em mais de 150 bancas de formação de diversos níveis. Possui publicações na área de engenharia, com ênfase em melhoria de desempenho de processos de desenvolvimento de produtos industriais (projeto e fabricação). Também vem atuando na indústria, através de convênios voltados à projetos de melhoria de desempenho industrial. Publicou aproximadamente 70 artigos, considerando Revistas e Congressos Nacionais e Internacionais e capítulos de livro.

Claudio Baêsso Lopes

Matemático, pós-graduado em Matemática Superior, ambos pelo Centro Universitário de Caratinga. Engenheiro de Produção pela Universidade Vale do Rio Doce. Inglês Intermediário. Atuação na área de Faturamento e Gestão de Contratos de Empreiteiras (foco em Qualidade e Segurança do Trabalho) da Companhia Energética de Minas Gerais.

Cristiano Roos

É Professor Adjunto do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas no Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Santa Maria, onde é responsável pelo ensino do controle estatístico de processos em disciplinas do curso de Engenharia Mecânica. É Engenheiro de Produção, Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria, e Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina.

AUTORES

Délvio Venanzi

Possui Doutorado em Educação - Universidade de Sorocaba (2016), graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade de Mogi das Cruzes (1986),Mestrado em Administração de Empresas pelo Centro Universitário Santana (SP) (2000) e Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2008). Prof. Titular da Universidade de Sorocaba, Coordenador do Curso de Engenharia de Produção. Professor de Logística e Supply Chain da Faculdade de Tecnologia de Sorocaba (FATEC). Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Supply Chain e Estratégia de Operações, atuando principalmente nos seguintes temas: Supply Chain Management e Estratégia de operações, Condomínio industrial, Consórcio modular.

Diogo Luiz Faustino

Possui Graduação em Engenharia Mecânica, tem especialidade em Gestão Estratégica de Negócios e Operações, Mestrado em Processos Tecnológicos e Ambientais. Experiência na Indústria Automobilística e Six Sigma Engineering.

Edson Pacheco Paladini

Professor Titular do Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina. Membro Titular da Academia Brasileira da Qualidade. Doutorado em Engenharia de Produção (UFSC, 1992), Mestrado em Engenharia de Sistemas (UFPb - Campina Grande - 1979), Especialização em Administração da Produção (UFPb, 1981) e Graduação em Matemática (UFSC, 1975). Atua nas áreas de Engenharia, Gestão e Avaliação da Qualidade. É autor de diversos livros sobre temas inseridos em suas áreas de atuação e de artigos técnicos publicados em periódicos qualificados no país e no exterior. Integrou o Comitê de Avaliação dos Programas de Pós-graduação da CAPES na área das Engenharias III. Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UFSC (2002-2006). Autor dos textos: Gestão Estratégica da Qualidade (duas edições); Gestão da Qualidade: Teoria e Prática (sete edições); Avaliação Estratégica da Qualidade (duas edições); Qualidade Total na Prática (duas edições), entre outros.

AUTORES

Elen Nara Carpim Besteiro

Pós Doutorado em Engenharia de Produção pela UNESP Guaratingueta (2013), Doutor em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP (2011). Mestre em Engenharia Mecânica pela UNICAMP (2006), Graduado em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Metodista de Piracicaba - UNIMEP (2001). Professor Adjunto da Carreira do Magistério Superior da Universidade Federal Fluminense - UFF / RJ, no Departamento de Engenharia de Produção, de Rio das Ostras (REG) no Instituto de Ciência e Tecnologia (ICT) da UFF (desde 2016). Lidera o grupo de pesquisa CNPq e participante em grupos de pesquisa CNPq na USP e UNICAMP (desde 2012).

Emilio Gruneberg Boog

Engenheiro Mecânico (Escola Politécnica da USP - 1973) e Administrador (Fundação Getúlio Vargas - 1978), Mestre em Engenharia Mecânica (Unicamp - 2000), trabalhou em diversas empresas e é Professor desde 1978. Ingressou na Universidade São Francisco em 1992, onde é Professor e Orientador de Trabalhos de Conclusão de Curso desde aquele ano. Foi Coordenador do Curso de Administração no período de 1997 a 2000, e do Curso de Engenharia de Produção no período de 2008 a 2010.

Fabio Antonio Sartori Piran

Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidades do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. Graduado em Logística pela Universidades do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. Formação Superior em Gestão de Produção pela Universidade Feevale. Pesquisador no Gmap-Unisinos. Sócio consultor na HP Custos assessoria empresarial.

Fabrícia Vieira Ramos

Licenciada em Química pela Universidade Vale do Rio Doce (UNIVALE). Engenheira de Produção e pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho, ambos pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias de Minas Gerais (IFMG) - Campus Governador Valadares. Atuante como professora da rede pública do Estado de Minas Gerais.

AUTORES

Fabricio da Costa Dias

Doutorando e Mestre em Engenharia Civil pela UFF e graduado em Engenharia de Produção e Química com atuação do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguêz de Mello (PETROBRAS/CENPES). Atualmente trabalha na área de Gestão Empresarial, Gerenciamento de Projetos, Controle Orçamentário, Indicadores de Gestão (BSC), Controle de Bem Patrimonial, Planejamento de Projetos de Assistência Técnica Científica, Química, Auditoria de Qualidade, Segurança, Meio Ambiente e Saúde Ocupacional. Na área acadêmica, é professor da Universidade Veiga de Almeida (UVA) e Universidade do Grande Rio (UNIGRANRIO) para os cursos de Engenharia de Produção e Engenharia de Petróleo e Gás.

Franciely Suênil Lopes Da Silva

Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual de Minas Gerais - Campus Passos, natural de São Sebastião do Paraíso/MG. Trabalha na ECT – Empresa Brasileira de Correios e Telégrafos, com a função de Gerente de Agência.

Giovani Gaspar Vieira

Mestre em engenharia mecânica da UTFPR, na área de pesquisa de engenharia de manufatura. Possui especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produtos (GDP/3 - 2008) e graduação em Tecnologia em eletrotécnica pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (2007).

Hadeniel Gomes De Oliveira

Bacharel em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual do Estado de Minas Gerais, Graduado Bacharel em Mecatrônica e Manutenção Industrial pela Universidade de Franca. Atua nas áreas de Engenharia de Manutenção, TPM, planejamento estratégico industrial.

AUTORES

Haroldo Lhou Hasegawa

Possui graduação em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (2000), mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (2004) e doutorado em Programa de Pós Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos (2007) também é especialista em Engenharia de Produção pelo Curso de Especialização em Engenharia de Produção pela UNESP (2010). Atualmente é professor adjunto-a da Universidade Federal de Itajubá. Possui experiência industrial no Brasil e no Exterior (Japão). Atualmente desenvolve estudo e pesquisas envolvendo a área de Engenharia de Materiais e Metalúrgica, com ênfase em Processos de Fabricação e Conformação, atuando principalmente nos seguintes temas: reciclagem,reutilização, material cerâmico, siderurgia, cerâmica e também em Engenharia de Produção na área de Gestão Estratégica Organizacional em industrias atuando nos temas de Lean Manufacturing, Supply Chain e Desenvolvimento de Projetos/Produtos.

Henrique Augusto Graglia

Pós-graduação em Gestão de Negócios em Serviços pela Universidade Presbiteriana Mackenzie em 2017. Graduado em engenharia de produção pela Escola Superior de Engenharia e Gestão-ESEG (2015). Atualmente ocupa o cargo de analista de transportes na empresa Reckitt Benckiser.

Iris Bento da Silva

Engenheiro mecânico pela USP, mestre e doutor em engenharia mecânica pela UNICAMP, pós-doutor pela UNICAMP. Trabalhou por mais de 30 anos como executivo em empresa de autopeças. Atualmente, é professor visitante da pós-graduação em engenharia mecânica da UNICAMP e professor em engenharia mecânica, graduação e pós-graduação, na Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, São Paulo, Brasil.

AUTORES

José Leonardo Libório Alves

Graduado em Administração. Centro Universitário Dr. Leão Sampaio, UNILEAO, Brasil. Especialista em Gestão Empresarial e Engenharia de Produção, Mestre em Engenharia de Produção, coordenadora do curso de Administração da Unileão, coordenadora dos cursos de Pós-graduação em Gestão da Unileão.

Larissa Barbosa Taquetti

Graduada em Engenharia de Produção pela Faculdade do Sul da Bahia, especialista em Engenharia em Lean Manufacturing e Green Belt pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná. Desenvolve trabalhos nas áreas de Organização do Trabalho e Gestão de Operações Internacionais.

Leandro Cantorski da Rosa

Possui graduação em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Santa Maria (1978), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria (1984) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2000). Atualmente é Professor Titular Universidade Federal de Santa Maria. Publicou em 2015 o livro Introdução ao Controle Estatístico de Processos em sua segunda edição revisada e ampliada. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em qualidade e produtividade, atuando principalmente nos seguintes temas: gerência de processos com foco em melhoramento da qualidade, aspectos ambientais e de segurança no trabalho.

Leila Keiko Canegusuco Jansen

Doutorado em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (2009). Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica (1989). Graduada em Engenharia Química pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (1981). Sócia da CHEM4U Indústria e Comércio de Equipamentos e Produtos Químicos Ltda. Tem experiência e interesse na área de Empreendedorismo, Inovação, Gestão da Qualidade e Gestão de Operações, principalmente nos seguintes temas: Pequenas e Médias Empresas, Seis Sigma, Gestão da Inovação, Pensamento Sistêmico, Dinâmica de Sistemas e Gestão da Qualidade. É professora da ESEG-Escola Superior de Engenharia e Gestão de São Paulo.

AUTORES

Lisa Yuka Kasai

Pós-graduada em Gestão de Engenharia pela Stevens Institute of Technology em Nova Jersey, nos Estados Unidos. Graduada em Engenharia de Produção pela Escola Superior de Engenharia e Gestão e em Administração de Empresas pela Universidade de São Paulo. Foi estagiária no Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT e, atualmente, ocupa o cargo de Trainee no Makro Atacadista S.A. do grupo holandês SHV.

Lissandra Andréa Tomaszewski

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos - PPGEPS/UNISINOS. Graduada em Engenheira de Produção-Mecânica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos/UNISINOS. Coordenadora e Docente do Curso de Graduação em Engenharia de Produção do Instituto Luterano de Ensino Superior ILES/ULBRA Itumbiara/GO com ênfase em Sistemas de Produção.

Lo-Ruana Karen Amorim Freire Sanjulião

Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente pelas Faculdades Integradas do Sudoeste Mineiro - Universidade do Estado de Minas Gerais UEMG, Especialista em Gestão Estratégica de Negócios pela Universidade de Franca e Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade de Franca, natural de Itaú de Minas/MG. Docente designado nível IV da Universidade do Estado de Minas Gerais - Unidade Passos. Atua nas áreas de Gestão de processos produtivos, Gestão Estatística da Qualidade do produto e do processo, Gestão da Cadeia de Suprimentos.

Lucas Machado

Graduado em Engenharia Industrial Madeireira pela Universidade Federal do Paraná e mestre em Engenharia de Produção também pela Universidade Federal do Paraná. Desenvolve trabalhos nos segmentos de tecnologia da madeira e painéis de madeira reconstituída e nas áreas de Qualidade e Engenharia Organizacional.

AUTORES

Luciana Resende Da Silva

Cursando Engenharia de Produção, pela Universidade do Estado de Minas Gerais, UEMG – Unidade Passos. Atualmente é analista da qualidade na empresa EMBRAMED Indústria e Comércio. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Engenharia de Produção, atuando principalmente nos seguintes temas: seis sigmas, qualidade em produtores hospitalares, ferramentas da qualidade, Controle de Qualidade.

Maicon Jaderson Silveira Ramos

Doutorando em Engenharia Elétrica, Sistemas Elétricos de Potência pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Mestre em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos - Unisinos. Possui Pós-Graduação MBE em Qualidade e Seis Sigma, com certificação Black Belt pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Mais de 10 anos de experiência na atuação do sistema elétrico de potência (Distribuidora de Energia Elétrica).

Marcelo Gechele Cleto

Graduado em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Paraná, mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina, tendo permanecido por um ano na University of Texas at Austin / USA (doutorado sandwich). Atualmente é Professor Titular da Universidade Federal do Paraná. Desenvolve trabalhos nas áreas de Planejamento, Projeto e Controle de Sistemas de Produção, Produção Enxuta, Trabalho em Grupo, Internacionalização de Empresas, Gestão de Projetos e Logística.

Marcone Freitas dos Reis

Doutorando e Mestre em Engenharia Civil pela UFF. Especialista em Gerenciamento de Projetos pela UERJ, possui graduação em Engenharia de Produção pela UERJ. Tem 10 anos de experiência em indústrias, com expertise nas áreas de Produção, Logística, Gestão de Manutenção, Gestão da Qualidade e Lean Manufacturing. É Consultor Sênior de Projetos e Professor do Curso de Engenharia de Produção do SENAI CETIQT.

AUTORES

Marcos dos Santos

Doutorando em Engenharia de Produção pela UFF. Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ. É autor de artigos em periódicos e eventos nacionais e internacionais. Desempenha as funções de Gerente de Projetos e Pesquisador no Centro de Análise de Sistemas Navais. É professor do curso de Engenharia de Produção do SENAI CETIQT e da UNISUAM.

Marcos Mateus dos Santos Silva

Graduando em Engenharia de Produção pelo Instituto Luterano de Ensino Superior ILES/ULBRA Itumbiara-GO. Possui graduação em Química pelo Instituto Luterano de Ensino Superior ILES/ULBRA Itumbiara-GO (2013). Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química.

Mauro Roberto Schlüter

Graduado em Administração de Empresas pela Universidade Luterana do Brasil, mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul e doutorando em Engenharia de Produção pela UNIMEP. Atualmente é professor da Universidade Presbiteriana Mackenzie em Campinas e da FATEC de Americana. Atua principalmente em logística empresarial, supply chain management e transporte de cargas.

Natalia Ferreira Da Silva

Engenheira de Produção e pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho, ambos pelo Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologias de Minas Gerais (IFMG) - Campus Governador Valadares. Inglês Intermediário. Atuação como Gerente de Cadastro Técnico Imobiliário da Prefeitura Municipal de Governador Valadares.

AUTORES

Orlando Roque Da Silva

Professor Titular de Inovação Tecnológica no Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas e professor de Engenharia de Produção na Faccamp. Graduado em Administração pelo Centro Universitário SantAnna, mestre em Administração pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba. Foi professor do programa de mestrado e doutorado em engenharia de produção da Unimep, atualmente é coordenador do Programa de Mestrado Acadêmico em Administração no Centro Universitário das Faculdades Metropolitanas Unidas. Tem experiência na área de Estratégia e Gestão da Inovação, com ênfase em modelagem e simulação, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem e simulação em dinâmica de sistemas, modelagem baseada em agentes e modelagem por equações diferenciais.

Pedro Paulo Cacciatori

Aluno do 10º semestre do curso de engenharia de produção da Escola Superior de Engenharia e Gestão-ESEG. Técnico em administração pela ETEC Getúlio Vargas (2009). Experiência profissional nas áreas de inteligência de

Pedro Paulo Cacciatori

Aluno do 10º semestre do curso de engenharia de produção da Escola Superior de Engenharia e Gestão-ESEG. Técnico em administração pela ETEC Getúlio Vargas (2009). Experiência profissional nas áreas de inteligência de mercado e cadeia de suprimentos.

Ramsés Moreira de Albuquerque

Discente em Engenharia de Produção Mecânica pela Universidade Regional do Cariri (URCA), Ceará (2012-2018). Discente Master 2 Management D'innovation Design Industriel (MIDI), ENSGSI-Nancy/França. (2016-2017). Bolsista/Monitor de Cálculo Vetorial com Várias Variáveis- URCA (2015). Foi Diretor Financeiro em EJEPRO Consultoria. Foi Coordenador institucional em Voitto Treinamento e Desenvolvimento (2015).

AUTORES

Renato Boer

Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pela Universidade do Vale do Rio dos Sinos – Unisinos. Graduado em Engenharia Mecânica pela Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS. Black Belt certificado pela American Society for Quality – ASQ. Engenheiro da Qualidade certificado pela American Society for Quality ASQ. Professor do curso de graduação em Engenharia de Produção e de cursos de pós-graduação Lato Senso na Universidade do Vale do Rio do Sinos – Unisinos. Master Black Belt com mais de 15 anos na implementação da metodologia Seis Sigma.

Robisom Damasceno Calado

Possui graduação em Ciências Contábeis pela Universidade de Rio Verde (UNIRV), mestrado em Administração de Empresas pelo Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC-RJ) e doutorado em Engenharia pela (UNICAMP). Atualmente é professora em cursos de Contabilidade, Administração e Engenharia de Produção e pesquisadora do CMS Lab, Laboratório de Gestão Estratégica de Custos vinculado à FEA/USP. Temas de pesquisa: controles de gestão e gestão estratégica de custos.

Robson Seleme

Graduado em Engenharia Civil pela Universidade de Mogi das Cruzes e em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Especialista em Formação de Docentes e Orientadores Acadêmicos pelo Instituto Superior de Pós Graduação e MBA em Finanças Internacionais pelo Centro Universitário Internacional. Mestre e doutor em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente é Professor adjunto de nível superior da Universidade Federal do Paraná, coordenador do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e do curso de especialização em Engenharia de Produção, ambos da Universidade Federal do Paraná. Desenvolve trabalhos nas áreas de Qualidade de Bens e Serviços, Logística, Gestão da Produção, Sistemas de Produção, Sistemas de Planejamento e Educação a Distância.

AUTORES

Rosane Malacarne

Graduada em Engenharia de Produção Agroindustrial pela Faculdade Anhanguera de Cascavel e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Paraná. Desenvolve trabalhos nas áreas de Planejamento e Controle da Qualidade, Organização do Trabalho e Sistemas Produtivos Agroindustriais.

Silvia Helena Boarin Pinto

Possui Pós-Doutorado (2007) e Doutorado (2005) em Engenharia de Produção pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Mestrado em Administração pela Universidade Metodista de São Paulo (2000); Especialização em Engenharia de Produção (1996) e Matemática Avançada (1995) pela Universidade São Judas Tadeu; e Graduação em Engenharia Industrial Elétrica pela Universidade São Judas Tadeu (1988). Possui grande experiência na área acadêmica (ministrando aulas e coordenando cursos graduação e pós) e também na área industrial (setor de qualidade e certificações). É avaliadora de cursos do INEP. Suas linhas de pesquisa são qualidade e produtividade. Trabalha como coordenadora dos cursos de graduação (Administração e Engenharia de Produção) na ESEG-Escola Superior de Engenharia e Gestão de São Paulo.

Simone Sartori

Professora Titular do Centro Universitário de Brusque - SC (UNIFEBE). Doutorado (2016) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina com período sanduíche em Copernicus Institute of Sustainable Development, Utrecht University (2014-2015). Mestrado (2008) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria. Graduação (2007) em Ciências Econômicas pela Universidade Federal de Santa Maria. Tem experiência profissional na área de Administração, Engenharia de Produção e Operações. Trabalhou com Global Reporting Initiative, iniciativa sem fins lucrativos sediada em Amsterdã/ Holanda, para o setor de geração de energia elétrica. Participou, durante dois anos, no projeto I9Source, que em parceria com a Universidade do Porto e as empresas Inova+ e Sistrade, visou promover as práticas de Gestão de Inovação em PMEs, segundo o novo paradigma de Open Innovation.

AUTORES

Tatiana Gonçalves Pereira

Estudante de Engenharia de Produção pelo Instituto Federal de Minas Gerais- Campus Governador Valadares, Coach e analista comportamental pela Sociedade Latino Americana de Coaching, Membro Fundadora do Valadares Lab, que é um grupo formado por profissionais independentes em diversas áreas que se uniram para implantar um ecossistema de inovação e alavancar o empreendedorismo em Governador Valadares e região.

Tatiane Ferreira de Sousa

Engenheira de Produção (Universidade São Francisco - 2015).

Thiago Silva Sales

Graduado em Engenharia de Produção pelo SENAI CETIQT, atuando no setor de planejamento e controle da produção na empresa Huisman Ltda, com foco na preparação de peças de caldeiraria e componentes hidráulicos e pneumáticos, otimização dos processos de fabricação e montagem mecânica dos equipamentos offshore como Knuckle Boom Cranes e Anchor Handling and Towing System.

Tiago dos Santos Antunes

Graduando em Engenharia de Produção pela Universidade Feevale. Consultor na Empresa Plano 1 Consultoria Junior. Técnico em Eletrotécnica pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Rio Grande do Sul, CEFET-RS. Com mais de 10 anos de experiência e atuação no setor elétrico de potência em distribuidoras de energia elétrica.

Victor Barauskas Bezerra da Silva

Aluno do 10º semestre do curso de engenharia de produção da Escola Superior de Engenharia e Gestão-ESEG. Atualmente ocupa o cargo de CEO da Siberian Tech Soluções em TI.

AUTORES

Vitor Hugo Dos Santos Filho

Mestrando em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR - Campus Ponta Grossa), linha de pesquisa em Engenharia Organizacional e Redes de Empresas (EORE). Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG - Campus Passos), ano de conclusão 2016. Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Modelagem e Simulação Computacional, Gestão Industrial e Redes de Empresas. E-mail: vitorhugosantosfilho@hotmail.com

Currículo Lattes: http://lattes.cnpq.br/2184072333735138